

المعالج الفيزيائي
زيدان محمد الحمد

أبحاث مختارة في العلاج الفيزيائي
الكتاب الأول

المعالجة الحرارية العميقة - الليزر

منتدى إقرأ الثقافي

WWW.IQRA.AHLAMONTADA.COM

منتدى إقرأ الثقافي

للكتب (كوردس - عربي - فارسي)

www.iqra.ahlamontada.com



إشراف الأستاذ الدكتور

مشام الطيان

رئيس قسم الفيزيولوجيا والعلاج الفيزيائي

جامعة دمشق . كلية الطب

یۆدابه‌زاندنی چۆرمها کتیب: سەردانی: (مُنْتَدَى إِقْرَأَ الثَّقَافِي)

لتحميل انواع الكتب راجع: (مُنْتَدَى إِقْرَأَ الثَّقَافِي)

پەڕەي دانلود کتایه‌های مەخ‌تەلف مەراجعه: (منتدى اقرا الثقافى)

www.iqra.ahlamontada.com



www.iqra.ahlamontada.com

للكتيب (کوردی ، عربی ، فارسی)

أبحاث مختارة في العلاج الفيزيائي

الجزء الأول

المعالجة الحرارية العميقة - الليزر

المعالج الفيزيائي

زيدان محمد الحمد

بسم الله الرحمن الرحيم

{والله أخرجكم من بطون أمهاتكم لا تعلمون شيئاً وجعل لكم
السمع والأبصار والأفئدة لعلكم تشكرون} سورة النحل
صدق الله العظيم

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف
للمراسلة الاتصال مع
زيدان الحمد

دمشق هـ: ١٤١٠ ٦٣١

إهداء

- ◀ إلى الرحمة المهداة..... إلى السراج المنير..... إلى المشكاة التي يُستضاء بها.....
إلى المعلم الأول..... محمد رسول الله صلى الله عليه وسلم.
- ◀ إلى السماء التي تعانق بزوها سُحب السماء وتوغل جذورها في أرض الوفاء....
إلى النخلة المعطاء، لك نجوى في خافقي، لا تفتأ تدعو الإله كل غسق ألا تغيبني،
فغيابك يطفئ شمس عمري..... أُمي.
- ◀ إلى مثلي الأعلى في هذه الحياة..... إلى الفكر المتوقد الذي عملت برأيه.....
إلى أستاذي الأول..... أبي.
- ◀ إلى إخواننا وأحبائنا الذين كانوا دوماً عوناً لنا على حمل هذه الرسالة.....
لهؤلاء جميعاً كل الحب والاحترام والتقدير.

بطاقة شكر

- ❖ لا بد وأنا أضع اللمسات الأخيرة لهذا الكتاب من العرفان بالجميل ورد المعروف
لأصحابه ولو بكلمة شكر بسيطة لكل من ساعدني أو شدد على ساعدي.
- ❖ وأخص بالشكر الأستاذ الدكتور هشام الطيان الذي منحني من وقته الكثير وأفادني
من خبراته وتوجيهاته وإشرافه على هذا الكتاب لإخراجه بهذا النحو.
- ❖ ولا أنسى الأستاذة في المعهد الصحي على كل ما قدموه من دعم وتوجيه وكذلك
الأطباء في مشفى دمشق خصوصاً أطباء الجراحة العصبية والجراحة العظمية، وزملائي
في قسم العلاج الفيزيائي على ما قدموه لي من تشجيع وإلى كل من ساهم في إنجاز هذا
الكتاب.

المقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم.... الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

يخطو الطب الحديث اليوم خطوات واسعة وقفزات كبيرة ومتلاحقة، حتى لا يكاد يخلو يوم من اكتشاف مرض جديد أو عقار يقضي على أحد الأمراض أو ابتكار لوسيلة تشخيصية جديدة تعين الأطباء على سبر أغوار الجسم البشري واكتشاف مواضع العلة فيه بأسرع ما يمكن..... وتواكب هذا التطور مع تطوير كبير للعلاج الفيزيائي والوسائل العلاجية المتممة للعقاقير والعمليات الجراحية. ولكني أدركت خلال دراستي أن مكتبتنا العربية لم تواكب هذا التطور في مجال العلاج الفيزيائي فرأيت من الواجب علي أن أجند نفسي في البحث والتنقيب عن كل ما هو جديد في الكتب والمراجع الأجنبية لأفيد نفسي وزملائي وكل من يعمل في هذا المجال فوجدت الكثير من المعلومات الحديثة والعملية فيما يتعلق بالمعالجة الحرارية والتي أثرت أن أبدأ بها في هذا الكتاب لما لها من أهمية كبيرة، فتناولت شرحاً وافياً فيما يتعلق بالوسائل المستعملة والخصائص الفيزيائية والفيزيائية الحيوية والتأثيرات الفيزيولوجية واستطباباتها ومضادات الاستطباب وطرق التطبيق، وصنفتها بأسلوب سهل وبسيط بعيد عن التعقيد، وأرفقت الكتاب بالعديد من وسائل الإيضاح من منحنيات بيانية وجداول وصور لوضعيات التطبيق تفني الجانب العملي، بحيث تفني القارئ عن كثير من المحاضرات والشروح، وأضفت بحثاً جديداً في العلاج الفيزيائي وهو الليزر وتطبيقاته، وأعتقد أن هذا الكتاب سيشكل بما يحويه ركيزة أساسية في العلاج الفيزيائي ورجائي أن ينال قبولاً واستحساناً من زملائي القراء وأرجو أن يكون هذا الكتاب من العلم الذي ينتفع به. والله من وراء القصد.

المعالج الفيزيائي

زيدان محمد الحمد

٢٠٠٠/٩/١

البحث الأول

العلاج بالإنفاذ الحراري

Diathermy

أولاً- المقدمة:

ثانياً- التأثيرات الفيزيولوجية والفيزيائية الحيوية:

أ- الإنفاذ الحراري بالأمواج الطوال.

ب- الإنفاذ الحراري بالأمواج القصار.

١- التأثيرات الفيزيولوجية لتيار الإنفاذ الحراري.

٢- طرق التطبيق.

* طريقة حقل المكثف:

- تأثير الحقل الكهربائي.

- رفع حرارة النسيج التفاضلي.

- ضياع الحرارة.

- حجم الأقطاب.

- المسافة بين الأقطاب.

- وضع الأقطاب.

- العلاج الحراري المتصالب.

* طريقة حقل التحريض:

- التحريض بالقطب الأحادي.

- التحريض بالكبل الكهربائي.

* تطبيق الأمواج القصار بشكل نبضي.

ج- الإنفاذ الحراري بالأمواج القصيرة جداً.

ثالثاً- المختبارات فيما يتعلق بالعلاج:

١- اختبار الجهاز.

- ٢- أسلاك التوصيل.
 - ٣- وضع وحجم الأقطاب.
 - ٤- تطبيق التيار.
 - ٥- الجرعة.
 - ٦- تقنيات التطبيق.
- رابعاً- الاستطباقات ومضادات الاستطباق.
- خامساً- مخاطر العلاج بالإنفاذ الحراري.

أولاً- المقدمة: Introduction

يعد العلاج بالإنفاز الحراري Diathermy من أكثر الوسائل الفيزيائية استعمالاً، ويدل المعنى اليوناني لهذه الكلمة على أنها حرارة خلالية through heat، تفيد في تسكين الألم، وإيصال المواد الغذائية إلى النسيج بشكل أكبر بزيادة الجريان الدموي، وزيادة قابلية تمدد النسيج في الاضطرابات العضلية الهيكلية musculoskeletal.

وقد تأرجحت شعبية الإنفاذ الحراري كوسيلة علاجية بين الزيادة والنقصان من قبل المعالجين الفيزيائيين خلال هذا القرن، إلا أنها توفر شكلاً من أشكال المعالجة، وتم حديثاً الإثبات العلمي للفوائد العلاجية لهذه الوسيلة بشكل جيد.

ولفهم التأثيرات العلاجية، ينبغي الإحاطة بالخصائص الفيزيائية والفيزيائية الحيوية لهذه الوسيلة بشكل علمي دقيق.

توجد ثلاثة أنواع رئيسة من وسائل الإنفاذ الحراري تستعمل من قبل المعالجين الفيزيائيين لرفع حرارة النسيج المتوضعة تحت الجلد، تصنف بحسب التردد وطول الموجة إلى:

أ- الأمواج الطوال long wave.

ب- الأمواج القصار short wave.

ج- الأمواج القصيرة جداً micro wave.

وقد أجازت لجنة الاتصال الاتحادية Federal Communication Commission استعمال ثلاثة حزم للتردد والطول الموجي من أجل الأمواج

القصار، وحزمتين من أجل الأمواج القصيرة جداً ضمن مدى التردد اللاسلكي Radio-Frequency، وفي الوقت الحالي تستعمل الترددات والأطوال الموجية التالية بشكل شائع:

- الأمواج القصار S.W: تردد 27.12 MHZ وطول موجة ١١ م.
- الأمواج القصيرة جداً M.W: تردد 2450 MHZ وطول موجة ١٢ سم

يتناسب طول الموجة الكهربائية وهي المسافة الكائنة بين ذروتي موجتين متتاليتين عكساً مع التردد، ومن المفترض أن تنتقل الطاقة الكهربائية Electromagnetic energy الصادرة عن أجهزة العلاج الفيزيائي بسرعة ثابتة (حوالي 300×10^8 م/ثا)

وتعد وسائل الإنفاذ الحراري (تردد منخفض-موجة أطول) مقارنة مع الأشكال الأخرى للطاقة الكهربائية المستعملة في العلاج الفيزيائي مثل الأشعة تحت الحمراء (تردد مرتفع-موجة أقصر)، أكثر فعالية في اختراق النسيج العميقة ورفع حرارتها.

ثانياً - التأثيرات الفيزيولوجية والفيزيائية الحيوية:

Biophysics and physiologic effect.

أ- الإنفاذ الحراري بالأمواج الطوال: long wave

.Diathermy

تعد الأمواج طويلة عندما تكون بطول (٣٠-٣٠٠ م) وقصيرة بطول (٣-٣٠ م)، وقصيرة جداً بطول (٠,٠٣-٣ م) وهي الأكثر نفوذية بين الأصناف الثلاث.

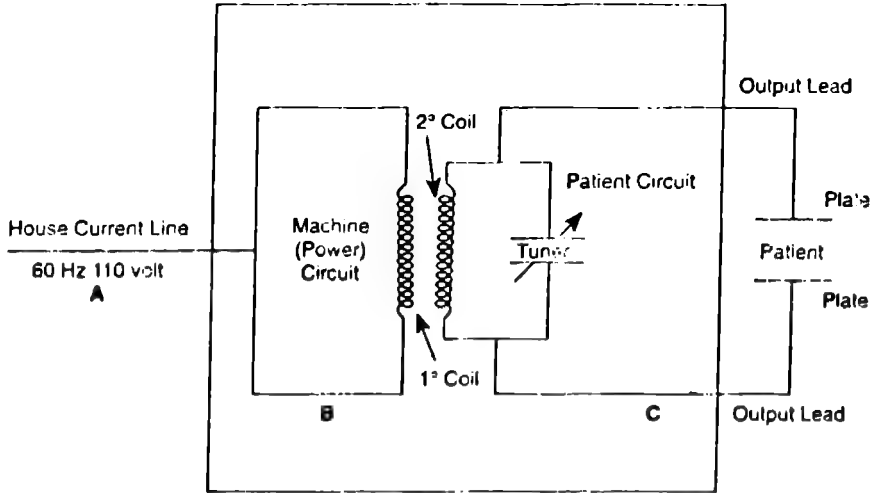
استعملت الأمواج الطوال بين عامي ١٩٠٨ و ١٩٤٠ بتردد 1MHZ، ولم تعد تستعمل في الوقت الحالي بسبب إحداثها للحروق الكهربائية، إضافة لتداخلها على النقل اللاسلكي Radio-Transmission.

ب- الإنفاذ الحراري بالأمواج القصار: Short wave

Diathermy

ازداد استعمال الحرارة العميقة في العلاج خلال الحرب العالمية الثانية، وخلال هذه الفترة تم تطوير جهاز الأمواج القصار الذي حل مكان الأمواج الطوال كوسيلة فيزيائية علاجية قادرة على رفع حرارة النسيج العميقة بشكل أكثر أماناً.

يحتوي جهاز الأمواج القصار على دارتين، تدعى الدارة الأولى دارة الطاقة power circuit وتسمى أيضاً دارة الجهاز، والدارة الثانية دارة المريض patient circuit كما في الشكل (١-١).



الشكل (١-١): يبين رسم مبسط يمثل وحدة جهاز S.W مع وجود مريض بين صفيحتي المكثف.

A. يمثل تيار المنزل المتناوب الذي يزود دائرة الجهاز.

B. دائرة الجهاز التي تحتوي على المحول، المقوم، مضخم الطاقة، (١) مذبذب التردد اللاسلكي الأولي.

C. يمثل دائرة المريض التي تحتوي على (٢) ملف المحول الثاني، المعدل (tuner)، أسلاك مخرج التردد المرتفع، صفيحتي المكثف.

✱ دائرة الجهاز (الطاقة) power circuit:

توصل بمصدر الطاقة وهي تتألف من:

١- مزود الطاقة power-supply .

٢- المحول الكهربائي transformer .

٣- المقوم arectifier .

٤- دائرة التذبذب oscillating circuit .

٥- مضخم طاقة التردد اللاسلكي radio-frequency مصمم لتعديل

مخرج دائرة الطاقة بما يتناسب مع دائرة المريض.

تعمل دائرة الطاقة على تحويل تيار المترل العادي إلى تيار مرتفع الفولتاج، مرتفع التردد، low-amp current من أجل استعماله في دائرة المريض.

تستحث الطاقة ذات التردد المرتفع من دائرة التذبذب الأولية في دائرة الجهاز إلى دائرة التذبذب الثانية في دائرة المريض كما في الشكل (١-١).

والحث (التحريض) هو العملية التي بها يستطيع جسم ذو خصائص كهربائية أو مغناطيسية أن يحدث خصائص مماثلة في جسم مجاور من غير اتصال مباشر بينهما.

✳ دائرة المريض **patient circuit**: وهي توصل الطاقة إلى المريض وتحتوي على:

١- الملف (٢) الذي يحول الطاقة بما يتناسب مع المريض

transformer Coil.

٢- المعدل **tuner**.

٣- مخارج التيار المرتفع التردد **high-frequency output leads**.

٤- صفيحتي المكثف **condenser plates**.

ويتأثر تردد الذبذبات **oscillation frequency** في دائرة المريض بنوع النسيج، وطريقة تطبيق الأقطاب، ووضع العضو المعالج.

وللحصول على التأثير الفعال، يجب أن تكون دائرة المريض على رنين **resonance** مع دائرة الجهاز، ويتم ضبطها إما يدوياً كما في بعض الأجهزة، أو آلياً كما في الأجهزة الحديثة.

1- التأثيرات الفيزيولوجية لتيار الإنفاذ الحراري physiological

effects of diathermy current: عند تطبيق جسم حراري

على الجلد أو بقربه، ستنقل الحرارة إلى الجلد دون أن تصل بشكل كاف إلى الطبقات العميقة. ويؤدي تطبيق تيار مستمر منخفض الشدة بواسطة صفيحة معدنية للشعور بإحساس واخز، وإذا طبق بشدة أعلى ظهر التقلص العضلي، وزيادة الشدة بشكل أكبر تؤدي لحروق كيميائية chemical burn، ويظهر التقلص التكرزي في حال زيادة التردد.

وعند استعمال تردد أكثر من 10.000 HZ يؤدي ذلك لإحساس المريض بدفء حراري، وبذلك يمكن إحداث الإحساس الحراري باستعمال تيار مرتفع التردد، ولا يحتاج لوضع الأقطاب على الجلد مباشرة عند استعمال تردد أكثر من 1000.000 HZ.

ولا يؤدي مثل هذا النوع من التيار لإحداث تنبيه لأي من الأعصاب الحركية أو الحسية، ذلك لأن أقصر فترة موجه تستعمل لتنبيه الأعصاب 0.01 ميلي ثانية، بينما تكون عند تطبيق تيار تردده أكثر من 500 KHZ 0.001 ميلي ثانية، وبالتالي لن يكون هناك شعور مزعج أو حدوث تقلص عضلي، وبما أن التيار المطبق متناوب لن تكون هناك حروق كيميائية كما في التيار المستمر، وبالتالي يمكن استعمال شدة تيار أعلى في التردد المرتفع والحصول على التأثير الحراري.



٢- طرق التطبيق :Methods of application

يتم إيصال الطاقة الكهربائية إلى المريض عن طريق الحقل الكهروطيسي
Electromagnetic أو الحقل الكهربائي الثابت Electrostatic field
وبذلك توجد طريقتان للتطبيق:

* طريقة حقل المكثف (condenser (capacitor field

* طريقة حقل التحريض (الحث) induction field

وتتميز كل من الطريقتين بنوع الطاقة الصادرة ونوع الأقطاب المستعملة
في التطبيق.

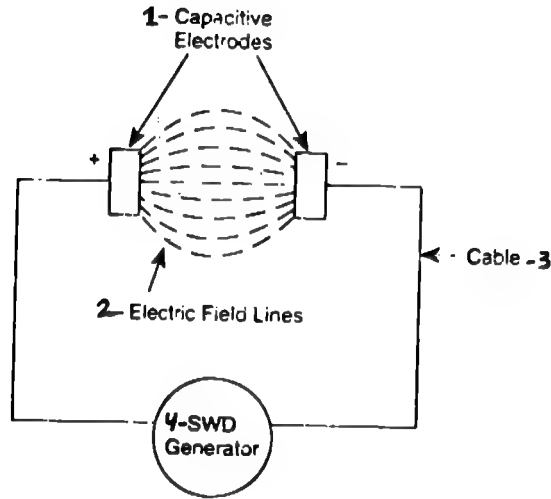
* طريقة حقل المكثف :condenser field method

يستعمل لهذه الطريقة مزود تيار كهربائي متناوب مرتفع التردد،
يصدر طاقة كهروطيسية Electromagnetic energy عبر زوج
من الأقطاب متعاكسة الشحنة تدعى المكثف condenser ويدعى كل قطب
بصفحة المكثف capacitor plate وهي جزء من دائرة التذبذب الثانية (دائرة
المريض).

وتتغير شحنة كل قطب تبعاً لتردد التيار المتناوب، وتكون النتيجة نشوء
حقل كهربائي قوي بين القطبين كما في الشكل (١-٢).

* تأثير الحقل الكهربائي :Effect of the electrical field

لا تكون قوة الحقل الكهربائي متجانسة، فهي أقوى بقرب الأقطاب، ثم
تخف بالابتعاد عنها بسبب انحرافها، وبذلك ترتفع حرارة الجلد والنسج الشحمية
تحتة بشكل كبير، وبالتالي يجب وضع القطب على بعد (٢-٣ سم) للسماح
للحقل الكهربائي بالانحراف قبل أن يتركز في هذه المناطق.



الشكل (٢-١): يمثل الإنفاذ الحراري بطريقة حقل المكثف، ويبين حدوث الحقل الكهربائي بين الصفيحتين المختلفتين في الشحنة، وتشير المسافة بين خطوط الحقل الكهربائي إلى قوة الحقل حيث تكون أقوى بقرب الصفيحتين.

١- أقطاب المكثف.

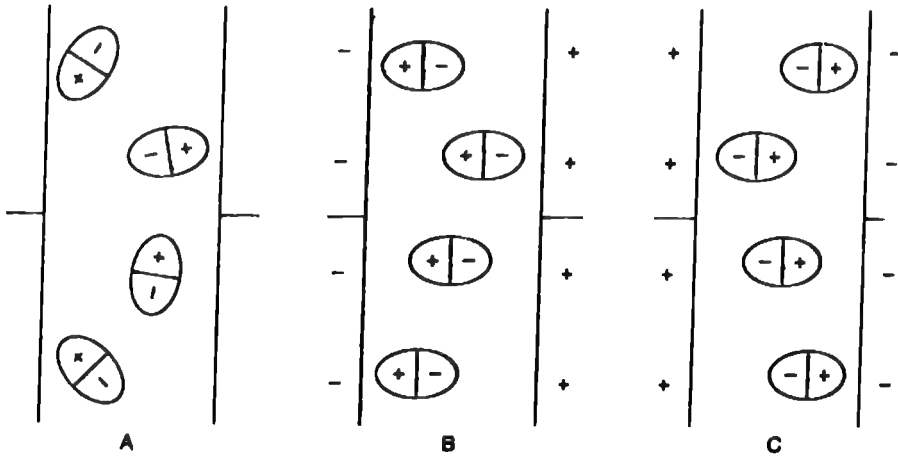
٢- خطوط الحقل الكهربائي.

٣- كابل.

٤- جهاز S.W.

يعمل الحقل الكهربائي على تحريك الأيونات Ions والجزيئات ثنائية القطب dipole molecules (وهي جزيئات تحتوي على نهايتين ذات شحنة متعاكسة) عند وضع العضو بين القطبين، وتغير اتجاهها بتغير شحنة المكثف، وبالتالي تتناسب حركة هذه الجزيئات مع تردد التيار المتناوب.

في الحالة العادية تكون هذه الجزيئات متوزعة بشكل عشوائي ضمن النسيج، وفي حال تطبيق الحقل الكهربائي تغير اتجاهها بما يتناسب مع شحنة كل قطب كما في الشكل (١-٣)، وبذلك تؤدي الحركة الذبذبية السريعة للأيونات والجزيئات ثنائية القطب بما يتناسب مع الحقل الكهربائي لزيادة الطاقة الحركية kinetic energy وبالتالي زيادة حرارة النسيج.



الشكل (١-٣): يبين الجزيئات ثنائية القطب Dipole molecules:

- A- الوضع العشوائي للجزيئات عندما تكون الأقطاب غير مشحونة.
- B , C- دوران الجزيئات نحو الأقطاب بحسب شحناتها وشحنة الأقطاب.

* رفع حرارة النسيج التفاضلي Differential heating of the tissues:

تشابه استجابة النسيج إلى حد ما مع استجابة النواقل الكهربائية عند مرور التيار عبرها، وتشكل خصائص خطوط الحقل الكهربائي وتوزعها الأساس للمبادئ التالية:

- يميل الحقل الكهربائي للانتشار بين القطبين، ويكون أقوى بقرب الأقطاب، وبذلك ترتفع حرارة النسيج السطحية القريبة من الأقطاب أكثر من النسيج العميقة.

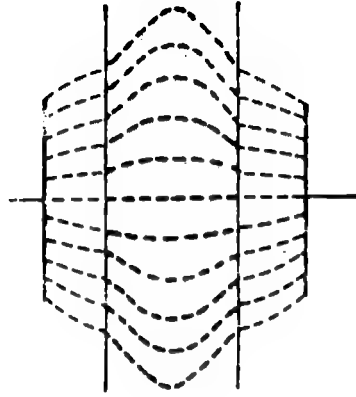
- تجتاز خطوط الحقل الكهربائي المواد ذات ثابت العزل * dielectric constant المرتفع بسهولة أكبر من اجتيازها للمواد ذات ثابت العزل المنخفض.

تمتلك النسيج ثابت عزل قيمته ٨٠، لذلك تمتلك تأثير هام في توزيع الحقل الكهربائي، وتختلف قيمة الثابت تبعاً لنوع النسيج، فالنسيج ذات المقاومة المرتفعة (النسيج الشحمي، النسيج الأبيض اللين) تمتلك ثابت عزل منخفض، بينما النسيج ذات المقاومة المنخفضة (الدم- العضلات وهي تحتوي على كميات كبيرة من الكهارل) تمتلك ثابت عزل مرتفع.

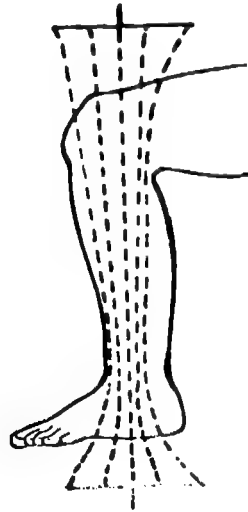
تجتاز خطوط الحقل الكهربائي النسيج بسهولة كبيرة، وهي تنتشر بكثرة حالما تجتازها كما في الشكل (١-٤)، وهذا يزيد ميل ارتفاع حرارة النسيج السطحية بشكل أكبر من العميقة.

وعندما يكون المقطع العرضي للجزء المعالج أصغر من مساحة القطب تميل خطوط الحقل الكهربائي للتمركز في النسيج أكثر من الهواء وبالتالي ارتفاع حرارتها بشكل أكبر كما في الشكل (١-٥).

* ثابت العزل dielectric constant: هو نسبة سعة مكثفة يفصل بين لوسبها المادة العازلة وبين سعتها عندما يفصل الخلاء بين لوسبها وهو عدد مجرد لا واحدة له.



الشكل (٤-١): يبين انتشار خطوط الحقل الكهربائي عبر النسيج



الشكل (٥-١): يبين تركيز خطوط الحقل الكهربائي في منطقة الكاحل وارتفاع حرارتها بشكل أكبر.

- يتأثر توزيع خطوط الحقل الكهربائي بحسب طريقة اتصال النسيج مع بعضها بالنسبة لخطوط الحقل التي تحتازها.

في الدارات الكهربائية يوجد نوعان للوصل، وصل على التسلسل series-circuit حيث تكون شدة التيار متساوية في أي جزء من الدارة، والوصل على التوازي (التفرع) parallel circuit حيث تختلف شدة التيار بين أجزاء الدارة، ويميل التيار لاجتياز الجزء الأقل مقاومة.

وفي الجسم يوجد أيضاً مثل هذه الدارات، تتصل مع بعضها على التسلسل وعلى التفرع بأن واحد.

فالجلد skin، والنسيج الشحمي تحت fat tissue يتصلان مع بعضهما على التسلسل، بينما تتصل العضلات muscles، الدم Blood، الأوتار Tendon مع بعضها على التفرع كما في الشكل (١-٦).

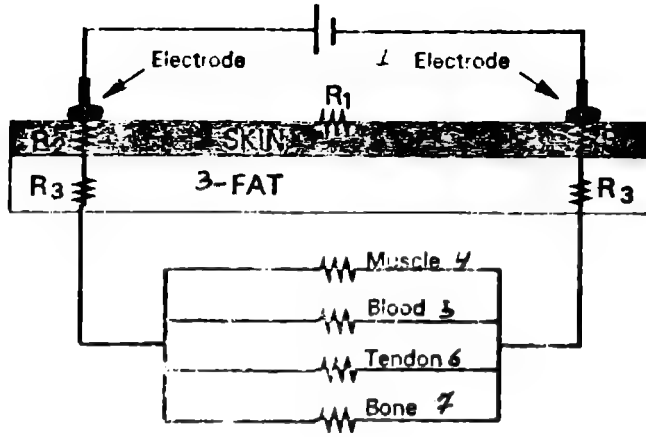
ووفقاً لقانون جول الحراري تتناسب كمية الطاقة المتحولة إلى حرارة (H) مع مربع شدة التيار (I^2) ومقاومة الناقل R وزمن مرور التيار t.

$$H=I^2 R t$$

وبتطبيق هذا القانون، وباعتبار أن الشدة ثابتة، يمكن نظرياً التنبؤ بأي النسيج أكثر ارتفاعاً في درجة الحرارة.

في حالة الوصل على التسلسل تعد النسيج ذات المقاومة الأكبر، الأكثر ارتفاعاً في درجة الحرارة.

فمثلاً النسيج الشحمي fat tissues ذات مقاومة مرتفعة نسبة للعضلات أو الدم لذلك ترتفع حرارتها بشكل أكبر ويبدو هذا واضحاً في المنحني التبايني (شكل ١-٧).



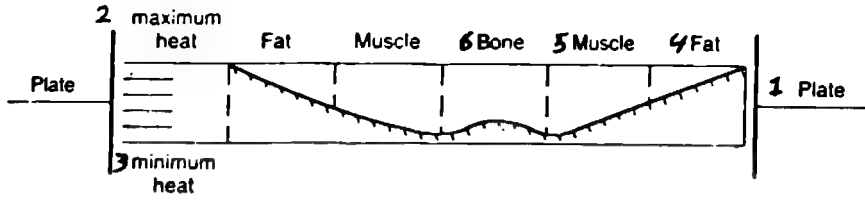
الشكل (١-٦): بين كيفية اتصال النسيج مع بعضها كما لو أنها مقاومات في دائرة كهربائية.

حيث يتحل الجلد والطبقة الشحمية على التسلسل، بينما يتحل العضلات، الدم، الأوتار، العظم مع بعضها على التفرع، يوفر النسيج العضلي والدم مقاومة أقل للتيار الكهربائي من الجلد والشحم.

R_1 = المقاومة على الجلد.

R_2 = المقاومة خلال الجلد.

R_3 = المقاومة خلال الشحم.



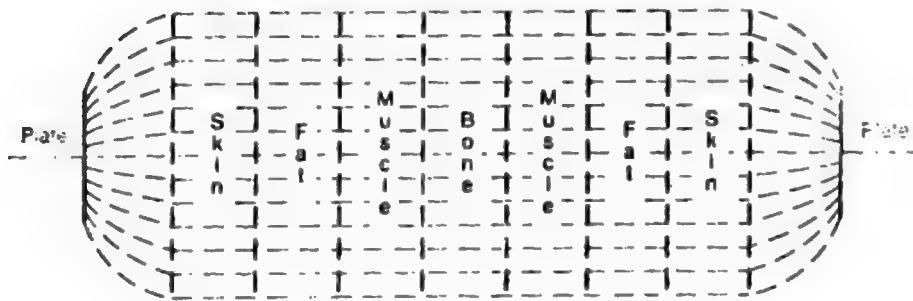
الشكل (١-٧): يبين المنحني البياني توزيع الحرارة في النسيج المختلفة عند تطبيق طريقة الوصل على التسلسل وبرغم ارتفاع حرارة النسيج العميقة إلا أن الحرارة تكون مرتفعة بشكل أكبر في النسيج الشحمية.

- ١- قطب.
- ٢- الحرارة العظمي.
- ٣- الحرارة الصغرى.
- ٤- الشحم.
- ٥- العضلات.
- ٦- العظم.

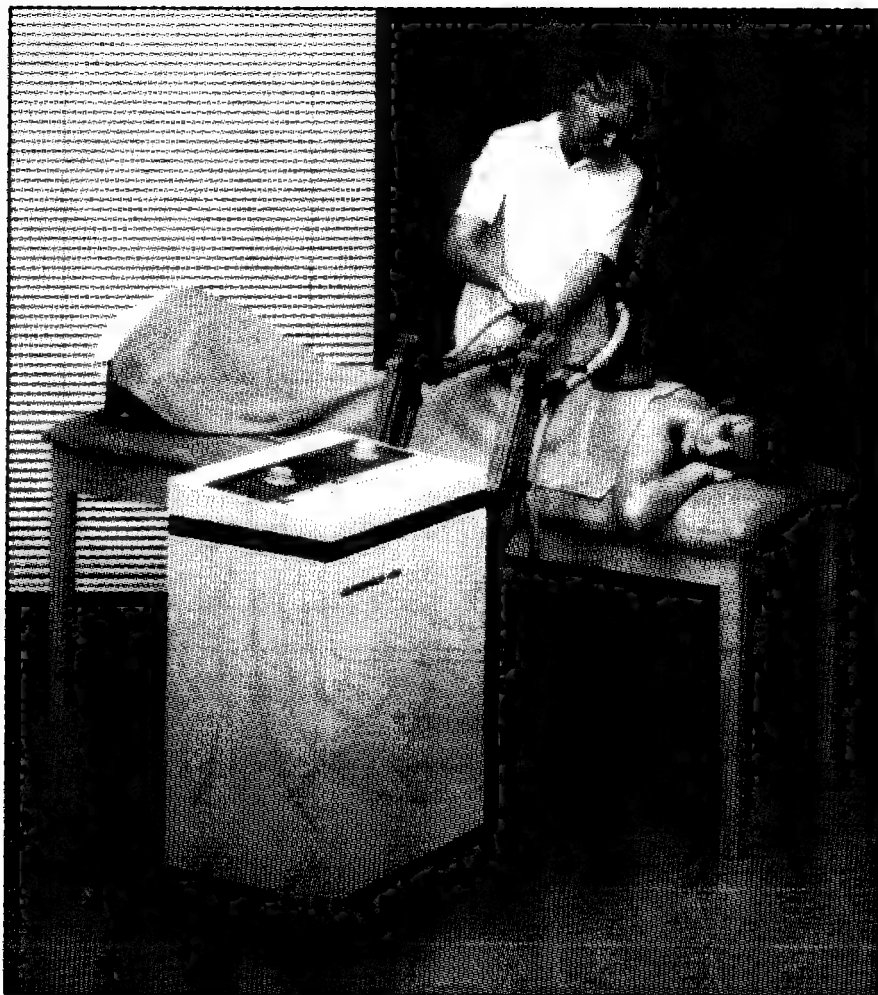
وتطبق طريقة الوصل على التسلسل بوضع العضو بين القطبين بحيث تكون خطوط الحقل الكهربائي متعامدة مع النسيج التي تحتازها كما في الشكل (١-٨). تسمى هذه الطريقة بطريقة تقابل الأقطاب contraplanar positioning of electrodes.

وهي الطريقة المفضلة خصوصاً لعلاج النسيج العميقة

وفي حال تطبيق طريقة الوصل على التفرع، وذلك بوضع الجزء المعالج تحت الأقطاب، يختلف نموذج التسخين، ذلك لأن خطوط الحقل تحتاز الطريق الأقل مقاومة، وبذلك ترتفع حرارة النسيج المنخفضة المقاومة بشكل أكبر.



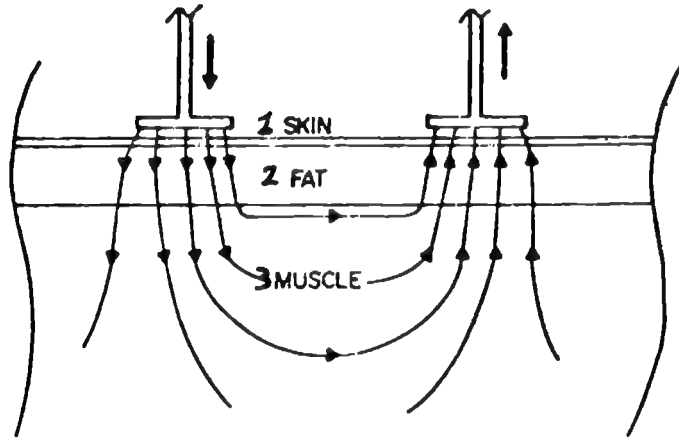
الشكل (١-٨): يبين مثلاً نظرياً للحقل الكهربائي الناتج عن تطبيق تيار مرتفع التردد، وبافتراض أن شدة التيار ثابتة في كل النسيج، تتصل صفيحتي المكثف على التسلسل مع أنسجة الجزء المعالج. لاحظ انتشار خطوط الحقل الكهربائي في المسافة الحائنة بين القطب والجلد، وأن كثافة الحقل تحت القطب أكبر من الكثافة على الجلد.



وضع الأقطاب بطريقة التوازي

تدعى هذه الطريقة بطريقة الوصل على التوازي coplanar positioning of electrodes ويرغم أن الحرارة سطحية في هذه الطريقة نسبة لطريقة التقابل إلا أنها مفيدة في علاج حالات معينة مثل علاج آلام وسط واسفل الظهر الناجمة عن أسباب عضلية كما في الشكل (٩-١).

كذلك تفيد هذه الطريقة في علاج النسيج السطحية عند وجود عوامل تحول دون تطبيق الأقطاب مباشرة فوق المنطقة المصابة مثل وجود بثور boils، حيث تتركز خطوط الحقل في قمة البثرة إضافة إلى أن القيج يمتلك ثابت عزل مرتفع مما يزيد من تركيز الحقل الكهربائي.



الشكل (٩-١): يبين طريقة تطبيق الأقطاب على التوازي وفعاليتها في علاج النسيج السطحية.

١- الجلد.

٢- الشحم.

٣- العضلات.

أو عند فقد الإحساس الجلدي الذي يحول دون تطبيق القطب مباشرة فوق هذه المنطقة، كذلك عند الرغبة في علاج النسيج السطحية وتجنب النسيج العميقة مثل وجود خراج حاد بعد عمل جراحي في البطن.

وبرغم فائدة طريقة التشبيه بالدارات الكهربائية في شرح كيفية توزيع الحرارة، إلا أن الأمر أكثر تعقيداً، فالاختلاف الأساسي الموجود في الوصل بين خطوط الدارة الكهربائية وأنسجة الجسم، أنه لا تكون قوة الحقل وبالتالي كمية التيار المارة ضمن الجسم بشكل متساوي في كل مكان.

ذلك لأن خطوط الحقل الكهربائي تنحرف كلما ابتعدت عن الأقطاب، وبالنسبة للخصائص الكهربائية للنسج المختلفة.

فمثلاً تكون درجة انحراف خطوط الحقل الكهربائي في النسيج الشحمية أقل بكثير منها في النسيج المحتوية على كميات كبيرة من السوائل مثل العضلات.

كذلك في أعضاء الجسم الضيقة مثل الرسغ wrist والكاحل ankle تنحرف خطوط الحقل للتركز في هذه المناطق، وبالتالي زيادة قوة الحقل والحصول على تأثير حراري أكبر، الشكل (١-٥).

هذا وبالإضافة إلى أن النسيج لا تشكل طبقات متصلة مع بعضها بشكل دقيق تماماً كما في الدارات الكهربائية، فلدى تطبيق التيار سيمر أولاً بالجلد ثم بالطبقة الشحمية وهي متصلة مع بعضها على التسلسل وبعد ذلك تجتاز النسيج الأقل مقاومة كما في الشكل (١-٦).

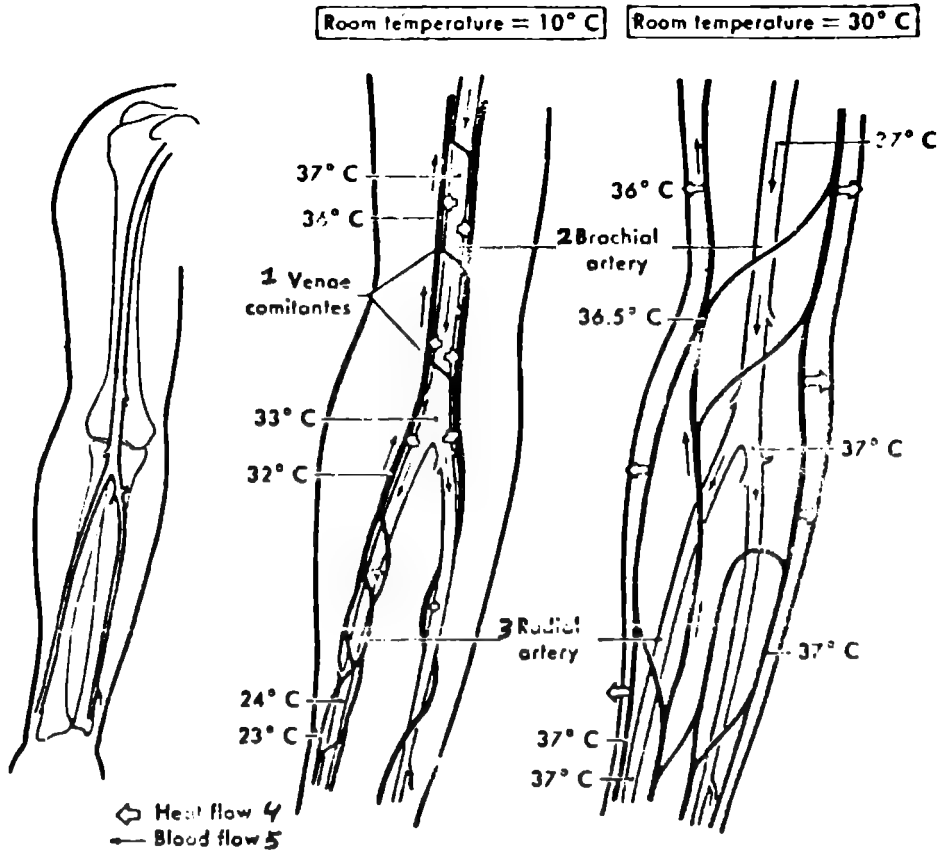
* ضياع الحرارة Heat loss :

تفقد الحرارة من منطقة التطبيق بعدة طرق، فمثلاً يعمل الدم على نقل الحرارة إلى المناطق المجاورة، ويحدث هذا بشكل خاص في المناطق الوعائية vascular areas، وحالما ترتفع الحرارة تأخذ الأوعية بالتوسع dilate وبالتالي زيادة الفعالية، ولهذا السبب ينبغي تطبيق جميع الوسائل المستعملة بسبب تأثيرها الحراري بشكل تدريجي، للمحافظة على مستوى ثابت من التوسع الوعائي، وارتفاع الحرارة للمستوى المطلوب، والحد من ضياع الحرارة.

وفي حال وجود أي عائق لانتقال الدم، تتركز الحرارة في منطقة التطبيق، ويمكن أن يتسبب هذا بالضرر في حالة الارتفاع الزائد في درجة الحرارة.

وتفقد الحرارة أيضاً بوساطة اتصال النسيج مع بعضها، حيث تنتقل الحرارة إلى النسيج المحيطة لمنطقة التطبيق، وتفقد أيضاً عن طريق التعرق، وإلى حد ما عن طريق الإشعاع الناجم عن التوسع الوعائي وانتقال الحرارة إلى السطح كما في الشكل (١-١٠).

وللحصول على حرارة عميقة يجب الانتباه لعدم رفع حرارة الجلد بشكل كبير، لأن الإحساس الحراري يحد من تحمل التيار، وفي معظم الحالات يجب أن يكون الهدف الحصول على حقل متعادل قدر الإمكان بين النسيج السطحية والنسيج العميقة.

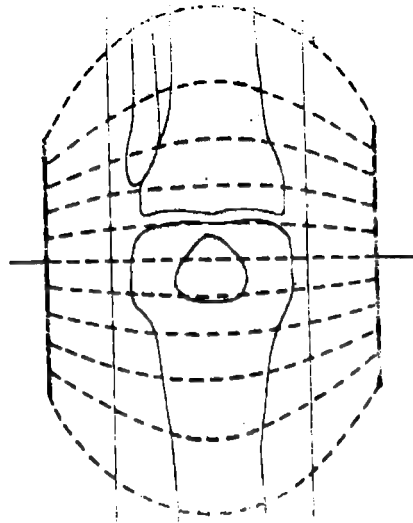


الشكل (١-١٠): يبين عملية انتقال الحرارة في أوعية الذراع البشري عندما توضع في بيئة من درجة حرارة (10° C) وبيئة من درجة حرارة (30° C).

في البيئة الباردة (10° C) يجري الدم في الأوعية العميقة، وتستمد الأوردة حرارتها من الشرايين العميقة التي تكون حرارتها مرتفعة أكثر من الأوردة، وبذلك تعد من ضياع الحرارة. في البيئة الحارة (30° C) يجري الدم في الأوعية السطحية ليزيد من فقد الحرارة الزائدة.

لاحظ كيفية توزيع الأوردة في كل من العالتين.

- ١- الأوردة المترافقة. ٢- الشريان العضدي. ٣- الشريان العنبري. ٤- اتجاه الحرارة. ٥- اتجاه الدم.



الشكل (١-١١): يبين توضع المفصل وهو المستهدف في العلاج في الجزء المركزي المنتظم من الحقل.

✱ حجم الأقطاب size of electrodes :

تمتلك النسيج ثابت عزل dielectric constant أكبر من الهواء، مما يعني سهولة انتشار خطوط الحقل الكهربائي ضمنها وخصوصاً في الحواف، وبالتالي زيادة كثافة الحقل وارتفاع حرارة النسيج السطحية أكثر من العميقة، ويلعب حجم الأقطاب دور هام في كيفية توزيع الحرارة.

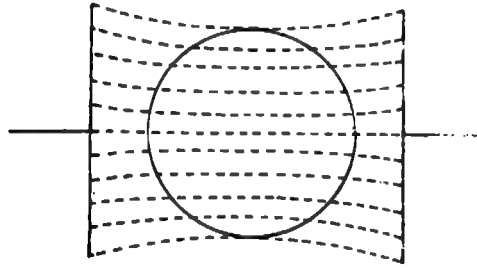
بشكل عام يجب أن يكون حجم الأقطاب أكبر قليلاً من حجم المنطقة المعالجة، بحيث تتوضع في الجزء المركزي الأكثر انتظاماً من الحقل كما في الشكل (١-١١) أما الانتشار الخارجي لخطوط الحقل حيث يكون كبيراً لا يقصد الاستفادة منه.

وفي علاج الأطراف يجب أن يكون قطر القطب أكبر بقليل من قطر الطرف المعالج ذلك لأنه:

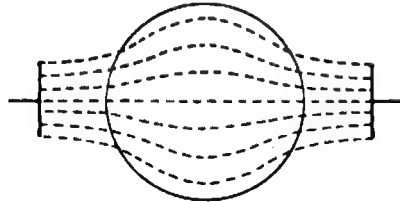
- إذا كان قطر القطب أكبر بقليل من قطر الطرف المعالج، فإن خطوط الحقل الكهربائي تنحني باتجاه الطرف، بسبب ثابت العزل المرتفع للنسج كما في الشكل (١-١٢).

- إذا كان قطر القطب أصغر من قطر الطرف المعالج، فإن خطوط الحقل الكهربائي تنتشر في النسج السطحية بشكل كبير مسببة ارتفاع حرارتها بشكل أكبر من النسج العميقة الشكل (١-١٣)

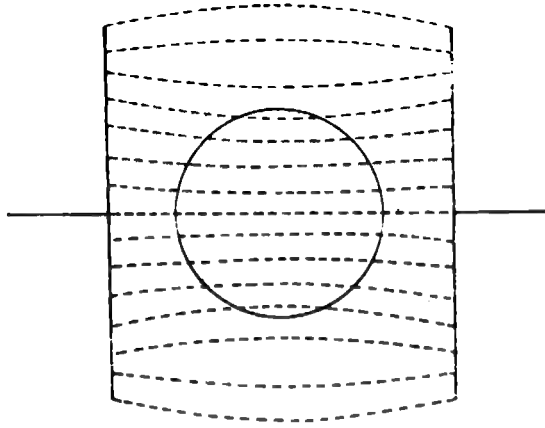
- إذا كان قطر القطب أكبر بكثير من قطر الطرف المعالج، فإن كمية من الطاقة سوف تضيع في الهواء دون الاستفادة منها الشكل (١-١٤).



الشكل (١-١٢): يبين الحجم الصحيح للأقطاب، وكيفية انحراف الحقل باتجاه الطرف.



الشكل (١-١٣): يبين صغر حجم الأقطاب، وانتشار الحقل في النسج السطحية وارتفاع حرارتها بشكل أكبر.



الشكل (١٤-١): الأقطاب الكبيرة كثيرا وضياع قسم من الطاقة بدون استفادة منها.

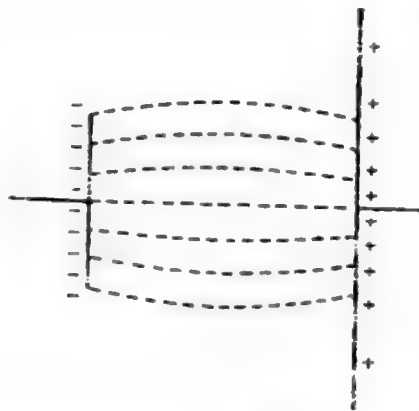
وفي علاج الجذع يجب أن تكون الأقطاب كبيرة قدر الإمكان، ويجب أن يكون القطبان بنفس الحجم، لأن اختلاف الحجم يؤدي لاختلاف كمية الكهرباء اللازمة لشحن كل قطب لنفس الكمون، وبالتالي اختلاف الحمولة الكهربائية في الآلة وصعوبة الضبط، وتركز الشحنات في القطب الكبير بما يتوافق مع القطب الصغيرة المقابل، الشكل (١٥-١) ويعتقد بهذه الطريقة أنه يمكن الحصول على تأثير حراري مختلف تحت كل قطب.

بينما يمكن الحصول على هذا التأثير بشكل أفضل بتغيير بعد القطب عن الجلد، وبذلك لا توجد فائدة من استعمال أقطاب مختلفة الحجم.



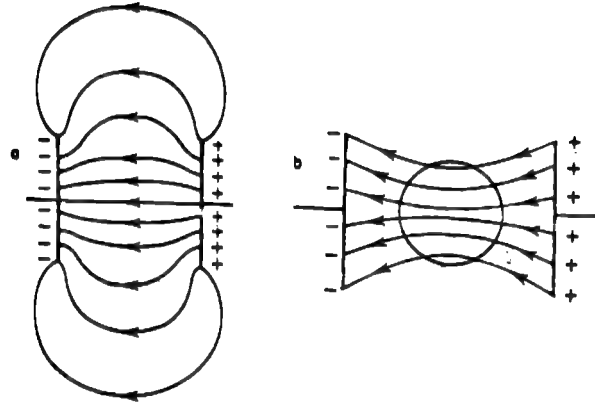
✱ المسافة بين الأقطاب Electrode spacing :

تحدد المسافة بين الأقطاب والجلد بحسب المدى الذي يسمح به مخرج الجهاز، وأن تكون بأوسع مجال، ويجب أن تكون المواد الفاصلة بين الأقطاب والجلد ذات ثابت عزل منخفض، ويعتبر الهواء الأفضل بينها، ويجب أن لا تقل المسافة عن (٢-٣ سم).



الشكل (١-١٥): يبين أقطاب بأحجام مختلفة وتركز الشحنات في القطب الكبير.

عند شحن صفيحتي المكثف تنتشر خطوط الحقل الكهربائي بينها، وخصوصاً إذا قصرت المسافة بينهما، وكانت المواد الفاصلة بينها ذات ثابت عزل مرتفع كما في الشكل (١-١٦).

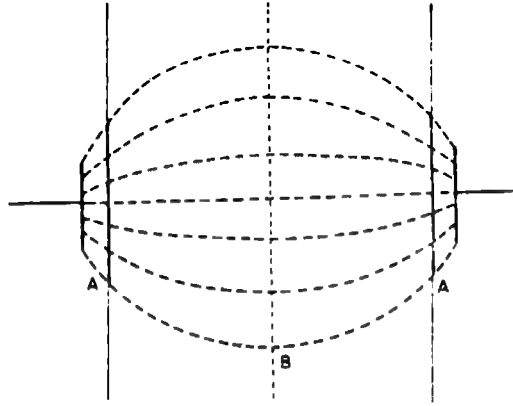


الشكل (١-١٦):

a- انتشار خطوط الحقل الكهربائي بين صفيحتي المكثف.
b- الحد من الانتشار الخارجي لخطوط الحقل الكهربائي تباعد المسافة بين الأقطاب.

وللحد من الانتشار الخارجي للحقل الكهربائي، يجب تباعد المسافة بين الأقطاب، ويفيد أيضاً استعمال مواد ذات ثابت عزل منخفض.

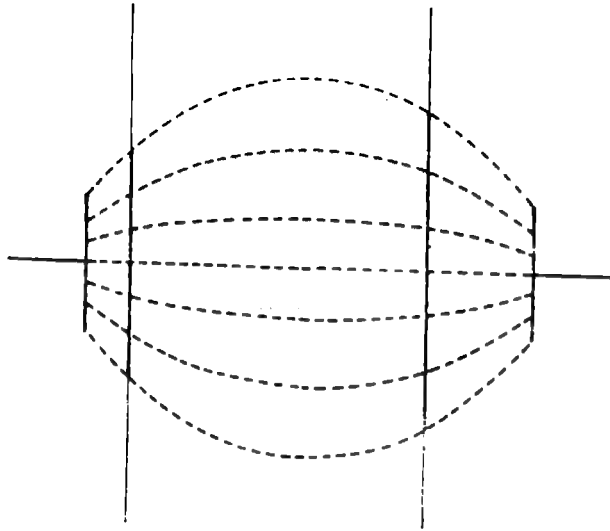
يكون تركيز الحقل أكبر ما يمكن بقرب الأقطاب، مما يعني ارتفاع حرارة النسيج السطحية (المنطقة A في الشكل ١-١٧) أكثر من النسيج العميقة (المنطقة B في الشكل ١-١٧) عند تقريب الأقطاب من النسيج، بينما بزيادة المسافة، لا تقع الأنسجة ضمن المدى المركز للحقل، وبذلك يقل الاختلاف في تركيز الحقل بين النسيج السطحية والنسيج العميقة.



الشكل (١٧-١): يبين المقارنة في توزيع الحقل وبالتالي الحرارة بين النسيج السطحية والنسيج العميقة.

تختلف المقاومة بين النسيج، لكن إذا كانت المقاومة الكلية للمسلك مرتفعة نسبياً، فإن تأثير هذا الاختلاف يصبح محدوداً، لذلك يكون توزيع الحقل نسبياً متعادلاً.

وفي حال اختلاف بعد كل من القطبين عن الجلد، يكون التأثير الحراري أكبر تحت القطب الأقرب كما في الشكل (١٨-١) وسبب ذلك وجود فرصة لانتشار خطوط الحقل على منطقة واسعة من الجلد تحت القطب البعيد، بينما تتركز تحت القطب القريب، وتفيد هذه الطريقة في حالات معينة للحصول على تأثير حراري في مكان أكثر من آخر، مثل علاج مفصل الورك حيث تختلف كثافة النسيج حول المفصل، بحيث تكون كبيرة في المنطقة الأليوية بينما أقل في المنطقة الأمامية، لذلك تكون المسافة في المنطقة الأمامية أقل منها في المنطقة الأليوية لمنع تركيز الحرارة في هذه المنطقة.



الشكل (١-١٨): يبين عدم تساوي المسافة بين القطبين بالنسبة للجلد، وتركيز خطوط الحقل الكهربائي تحت القطب الأقرب.

* وضع الأقطاب position of electrodes :

يحدد وضع الأقطاب بحسب الهدف المرجو من توجيه خطوط الحقل الكهربائي إلى المنطقة المعالجة، وطبيعة هذه المنطقة وذلك كما يلي:

أ- إذا كانت المنطقة المصابة ذات مقاومة مرتفعة (النسج الشحمية،

الأربطة) توضع الأقطاب بطريقة التقابل contraplanar

- إذا كانت المنطقة المصابة ذات مقاومة منخفضة (العضلات، الدم)

توضع الأقطاب بطريقة التوازي coplanar.

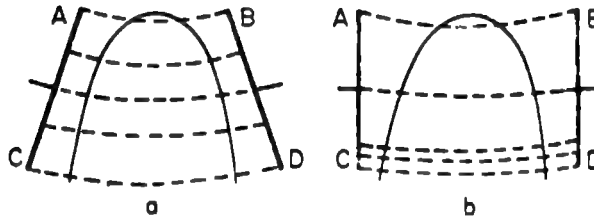
ب- يجب أن تكون الأقطاب موازية تماما للأنسجة، وإلا سيؤدي خلاف

ذلك لتركيز خطوط الحقل الكهربائي في الجزء الأقرب من القطب، وأن تكون

المادة الفاصلة بين الجلد والأقطاب ذات ثابت عزل منخفض للحيال دون

امتصاصها لخطوط الحقل الكهربائي.

وفي بعض المناطق يؤدي تطبيق الأقطاب بشكل مواز للجلد لعدم توازي الأقطاب فيما بينها، واختلاف المسافة في بعض المناطق من الأقطاب كما في الشكل (١-١٩)، لكن هذا الأمر لا يؤثر على توزيع خطوط الحقل ما دامت المسافة الزائدة تقع ضمن الأنسجة، ذلك لأن النسيج تمتلك ثابت عزل مرتفع مما يعني انتشار خطوط الحقل عبرها بشكل أسهل، كذلك تزداد مقاومة الطريق الأطول قليلاً نسبة للطريق الأقصر.

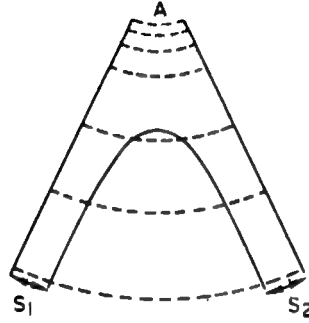


الشكل (١-١٩): يمثل الوجه الوحشي للكتف، حيث الجزء العلوي أضيق من السفلي، فإذا وضعت الأقطاب بشكل مواز للجلد تتكون زاوية خفيفة بين الأقطاب، لكن يتم الحصول على حقل منتظم بهذه الطريقة.

a- الممسك CD أطول من الممسك AB، لكن المسافة الزائدة تقع ضمن الأنسجة ولا يؤثر ذلك على توزيع خطوط الحقل الكهربائي ويمثل الوضعية الصحيحة.

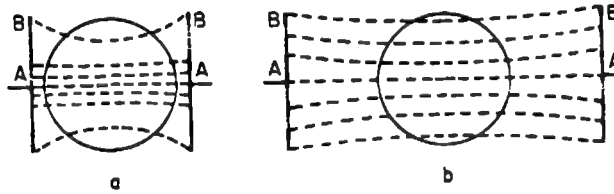
b- يوضع القطبان بشكل مواز لبعضهما، مما يعني أن الممسكان بنفس الطول، لكن الجزء الأضيق من الممسك AB يقع ضمن الهواء، مما يؤدي لتتركيز خطوط الحقل بشكل أكبر في الممسك CD ويمثل الوضعية الخاطئة.

ج- يجب أن تكون المسافة بين القطبين أكبر من مجموع المسافة الكائنة بين كل قطب والجلد كما في الشكل (٢٠-١)، بحيث يؤدي خلاف ذلك لانتقال خطوط الحقل بشكل مباشر بين القطبين دون المرور ضمن الأنسجة.



الشكل (٢٠-١): يبين بأن المسافة الكائنة بين القطبين A أقل من مجموع المسافة الكائنة بين كل قطب والجلد $(s_1 + s_2)$.

د- توضع الأقطاب فوق مناطق منتظمة قدر الإمكان، لتجنب تركيز خطوط الحقل في الأجزاء البارزة. وفي حال عدم القدرة على تجنب ذلك، تزداد المسافة بين الأقطاب كما في الشكل (٢١-١).



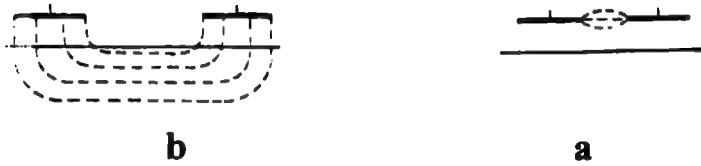
الشكل (٢١-١):

a- المسافة بين الأقطاب والجلد في المنطقة A أقل من نصف المسافة في المنطقة B مما يعني تركيز خطوط الحقل عندما يشغل الحيز.

b- وجود اختلاف أقل في المسافة بين المنطقتين A و B ونشوء حقل أكثر انتظاماً.

هـ- عند تطبيق الأقطاب بطريقة التقابل يمكن تغير وضعية الأقطاب بحيث لا تكون مقابلة لبعضها تماماً، على أن تكون موازية للجلد وأن لا تكون قريبة من بعضها بشكل كبير كما في الشكل (١-٢٤).

و- عند تطبيق الأقطاب بطريقة التوازي يجب ترك مسافة كافية بين القطبين لا تقل عن مساحة قطب، بحيث يؤدي خلاف ذلك لعدم مرور الحقل إطلاقاً خلال النسيج كما في الشكل (١-٢٣)



الشكل (١-٢٣): تطبيق الأقطاب بطريقة التوازي.

a- الوضع الصحيح.

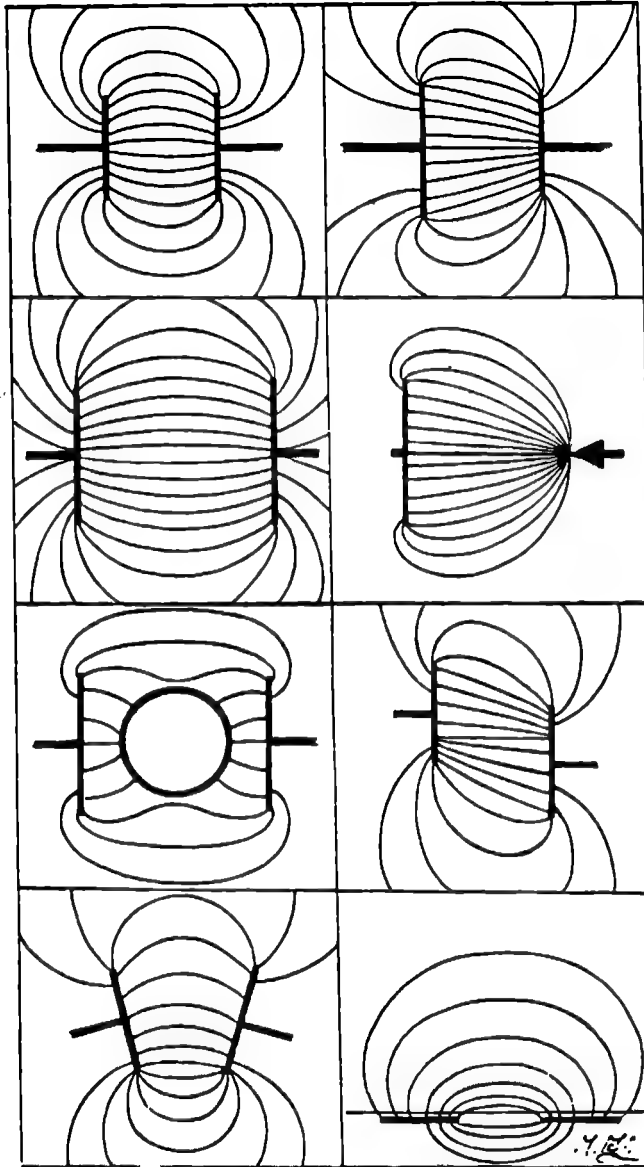
b- الوضع الخاطئ يؤدي لنشوء حقل بين القطبين ويحده المرور في الأنسجة.

* العلاج الحراري المتصالب cross-fire treatment :

تقسم المعالجة بهذه الطريقة لمرحتين، تطبق الأقطاب لنصف الوقت باتجاه معين، ثم تطبق بوضع متصالب مع الوضع الأول في النصف الثاني من الوقت.

مثلاً:

في علاج مفصل الركبة تطبق الأقطاب لنصف الوقت على الوجه الوحشي والوجه الأنسي، ثم تطبق على الوجه العلوي والوجه السفلي في النصف الثاني من الوقت.



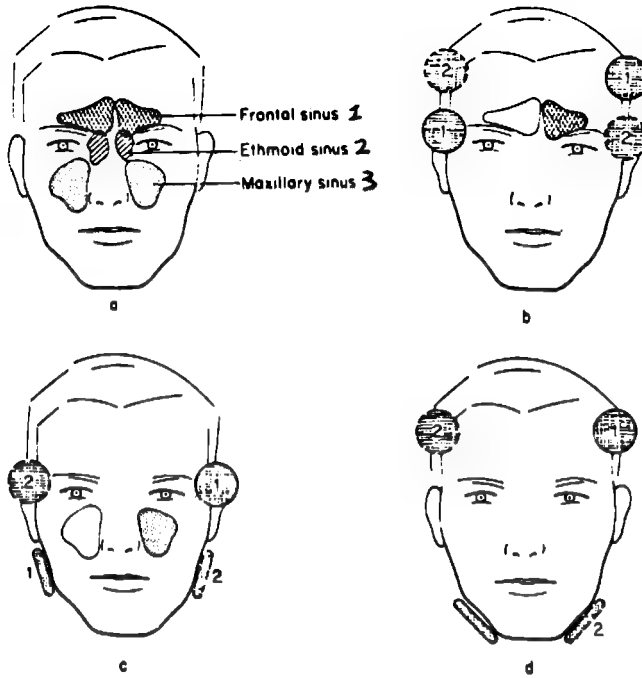
الشكل (٢٤-١): يبين الحقل الناتج عن الوضعيات المختلفة للأقطاب.

تفيد هذه الطريقة في علاج جدران التجاويف المملوءة بالهواء مثل الجيوب الجيحية frontal sinus، الجيوب الأنفية ethmoid sinus، الجيوب الحنكية maxillary sinus كما في الشكل (١-٢٥).

ذلك لأن خطوط الحقل الكهربائي تتجنب المرور ضمن هذه التجويف، بسبب ثابت العزل المنخفض للهواء الموجود ضمنها، وبالتالي لا تتعرض جدران التجاويف المواجهة للأقطاب للعلاج (المنطقة X) في الشكل (١-٢٦)، ومن أجل علاج هذه المناطق يجب تغيير وضع الأقطاب بشكل متصالب مع الوضع الأول، الشكل (١-٢٦).

ويجب إزالة العدسات اللاصقة contact lenese في حال وجودها ، لأن الحرارة تؤثر بها، ويمكن أن تؤدي لإذابتها.

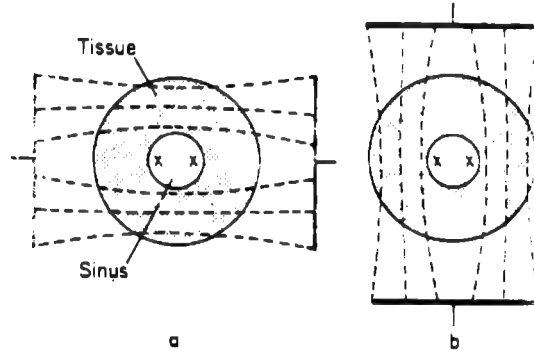
وتفيد طريقة العلاج الحراري المتصالب في علاج المناطق العميقة، خصوصا الموجودة ضمن مناطق غنية بالأوعية الدموية مثل منطقة الحوض، في هذه الحالة تمتلك النسج ثابت عزل مرتفع والمقطع العرضي للمنطقة الحوضية أكبر من حجم الأقطاب، لذلك يكون انتشار الحرارة السطحي أكثر من العميق، وتمرير خطوط الحقل ضمن المنطقة باتجاهين، تتعرض النسج العميقة (المنطقة X في الشكل ١-٢٧) للحقل الكهربائي ضعف ما يتعرض له الجلد.



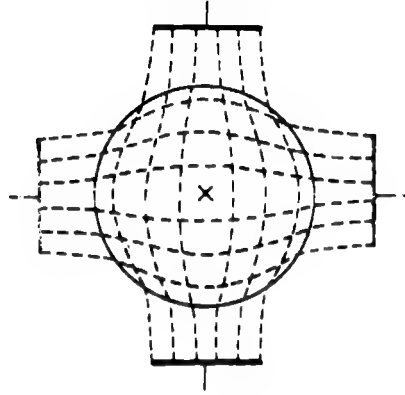
- الشكل (١-٢٥): العلاج الحراري المتصالب للجيوب.
- يجب أن تكون المسافة بين الأقطاب والجلد في الجانب المصاب (٢م تقريباً) أقل منها في الجانب السليم (٣م تقريباً)
- a- توضع الجيوب: ١- الجيب الجبهى .
 ٢- الجيب الأنفى .
 ٣- الجيب الحنجرى .
- b- علاج الجيوب الجبهية، في الوضعية رقم (١) يوضع القطب الأول على الجزء الوحشى للجبهة forehead، بينما يوضع القطب الثانى على الوجنة cheek في الجانب الآخر من الوجه، بينما في النصف الثانى من الوقت، تطبق الأقطاب ٢م في الوضعية رقم (٢).

c- علاج الجيوب العنقية، في النصف الأول من الوقت يوضع القطب الأول على الجزء الوحشي للوجنة، بينما يوضع القطب الثاني أسفل الأذن في الجانب الآخر من الوجه (الوضعية رقم ١) بينما في النصف الثاني من الوقت، تطبق الأقطاب كما في الوضعية رقم (٢).

d- علاج الجيوب جميعها بما فيها الأنفية، في النصف الأول من الوقت يوضع القطب الأول على الجزء الوحشي للجمجمة، بينما يوضع القطب الثاني في الاتجاه المعاكس من الوجه أسفل زاوية الفك، الوضعية رقم (١) وفي النصف الثاني من الوقت، تطبق الأقطاب كما في الوضعية رقم (٢).



الشكل (١-٢٦): يبين العلاج الحراري المتصالب للجيوب. المنطقة X تمثل جدران التجاويف التي لم تتعرض للعلاج في النصف الأول من الوقت (a) بسبب ثابت العزل المنخفض للماء الذي يعرفه اتجاه خطوط الحقل، بينما تتعرض للعلاج عند إدارة الأقطاب لزاوية ٩٠ (b).

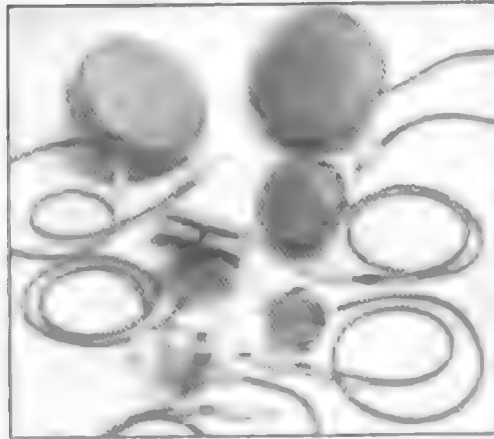


الشكل (١-٢٧): يبين العلاج الحراري المتصالب للنسج العميقة (X) الذي
يجنب الحرارة الزائدة للجلد.

* أنواع الأقطاب types of electrodes:

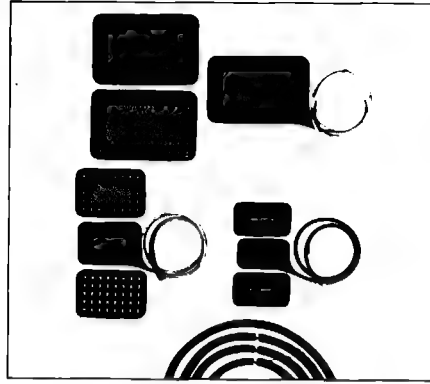
توجد أنواع متعددة من أقطاب المكثف، ولكن يتألف كل منها من صفيحة معدنية metal plate محاطة بمادة عازلة.

- يتألف النوع الأول من صفيحة معدنية موجودة ضمن غطاء، يمكن التحكم بوضعيتها، وغالباً ما يكون دائري، وتصنع أقطاب خاصة للمناطق الغير منتظمة مثل الإبط Axilla، تثبت هذه الأقطاب بواسطة ذراعين، ويمكن أن تلامس الأقطاب الجلد مباشرة أو بوجود بشكير، ومن المستحسن ترك مسافة بين الغطاء والجلد، لتأمين دوران هوائي (الشكل ٢٨-١).



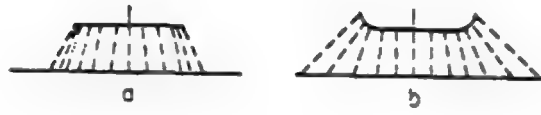
الشكل ٢٨-١

- يتألف النوع الثاني من صفيحة معدنية قابلة للطوي malleable metal plate، تغطي بطبقة رقيقة من المطاط، ويمكن تشكيلها بحسب الجسم بشرط أن لا تطوى كثيراً كي لا تنكسر، وتفصل عن الجسم بطبقة من اللباد المثقب perforated felt، تحتوي هذه الثقوب على الهواء، وتعتبر الأفضل كمادة فاصلة، إلا أن عيب هذه الطريقة استحالة استعمال الهواء بشكل كامل

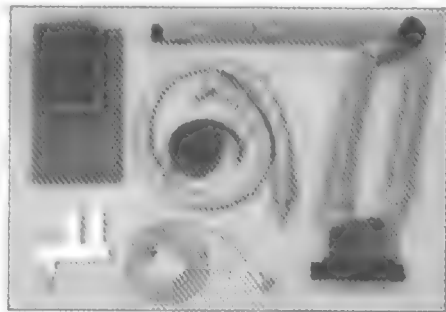
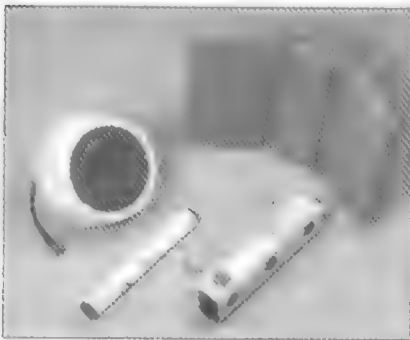
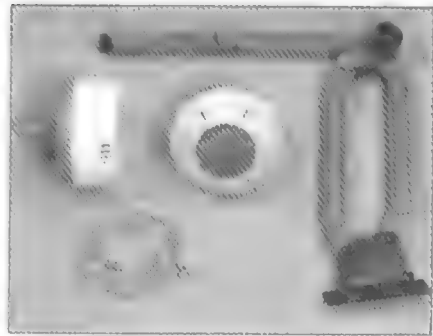
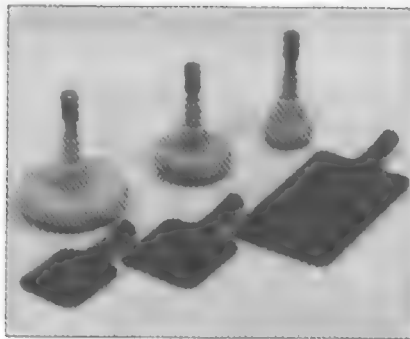


الشكل ١-٢٩

- يتألف النوع الثالث من صفيحة معدنية قاسية rigid metal plate تغطي بطبقة رقيقة عازلة إما المطاط أو البلاستيك، وكثيراً ما تكون هذه الصفيحة محدبة الأطراف الشكل (١-٣٠) وبذلك تزود حقل أكثر انتظاماً من الصفيحة المسطحة، ذلك لأن الشحنات الكهربائية تتركز على أطراف الناقل، وبذلك ينشأ حقل أكثر تركيزاً في هذه المناطق نسبة للمناطق الأخرى، بينما توجد مسافة أبعد عن الجلد في الجانب المحدب، وبذلك توجد فرصة لانتشار خطوط الحقل قبل أن تصل إلى الجلد، وتثبت هذه الأقطاب بذراع ويمكن تعديل وضعيتها وتفصل عن الجلد بوساطة الهواء.



الشكل ٣٠-١



عرض لنماذج مختلفة من الأقطاب والتوصيلات.

* طريقة حقل التحريض induction field method:

التحريض الكهرومغناطيسي electro magnetic هو العملية التي يتم بواسطتها إنتاج الكهرباء من المغناطيسية.

وهو ناتج عن التفاعل بين الناقل وخطوط الحقل المغناطيسي، والعوامل المسؤولة عن التحريض الكهرومغناطيسي الناقل $aconductor$ خطوط الحقل المغناطيسي، الحركة النسبية لكل منهما.

وبحسب قانون فارادي الذي ينص على أن تيار كهربائي (يدعى التيار المتحرض) يمكن توليده في دائرة مغلقة إذا غيرنا التدفق المغناطيسي الذي يجتازها (التدفق المحرض).

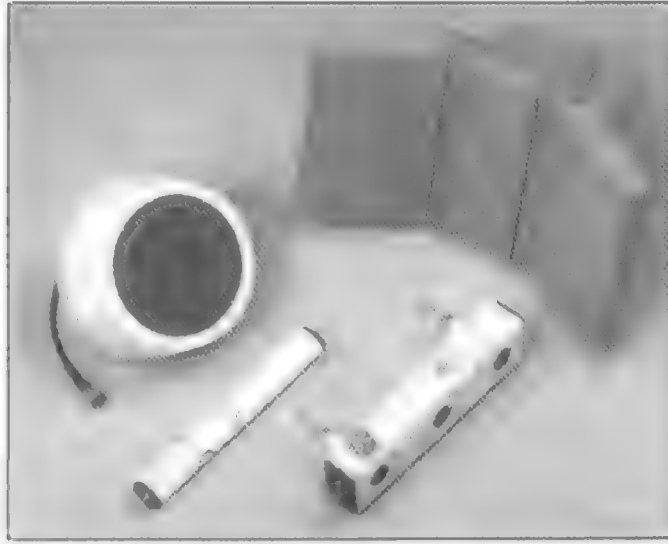
فإذا كان الناقل جزء من دائرة مغلقة، تؤدي خطوط الحقل المغناطيسي لنشوء قوة محركة كهربائية EMF بسبب حركة الكثرونات الناقل وبالتالي نشوء تيار كهربائي.

تستعمل هذه الطريقة لإحداث تيارات مماثلة في الجسم والفرق بينها وبين طريقة الحقل المكثف، أنه في الطريقة الأولى يتم إنتاج حقل مغناطيسي قوي بواسطة دائرة المريض، يؤدي لتوليد تيار كهربائي ضمن أنسجة الجسم، بينما في الطريقة الثانية يتوضع الجسم بين خطوط الحقل الكهربائي الناشئة عن صفيحتي المكثف.

وتطبق طريقة التحريض إما باستعمال قطب مفرد، أو عن طريق كبل كهربائي Cable.

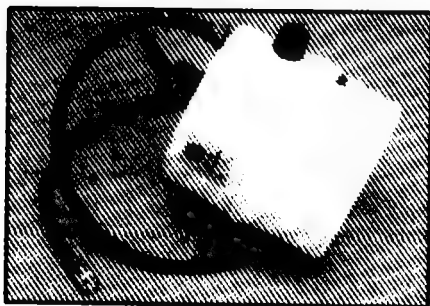
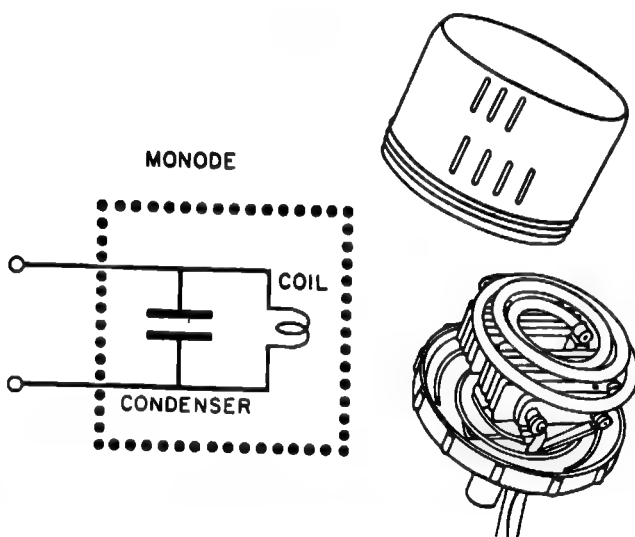
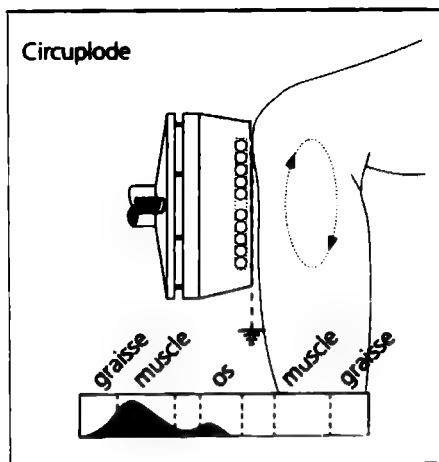
* القطب المفرد monode electrode :

ويوجد له نوعان، قطب يدعى الطبل Drum، يحتوي بداخله على ملف كما في الشكل (A٣١-١) وآخر مزدوج يحتوي على مفاصل hinged diplode كما في الشكل (B٣١-١) يمكن تطبيقه على جانب واحد أو ثلاثة بنفس الوقت.

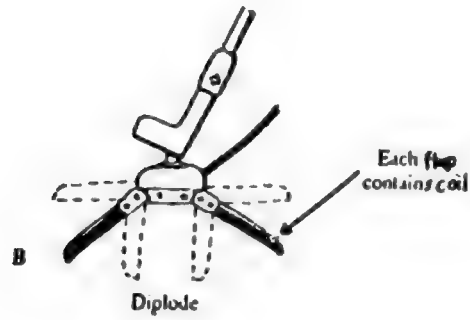


ويعتمد كل منها على نفس المبدأ، حيث يحتوي على ملف يتمتع بخاصية نقل مرتفعة، وعند تزويده بتيار مرتفع التردد، ينشأ حوله حقل مغناطيسي متقلب Fluctuating magnetic field بحسب تردد التيار.

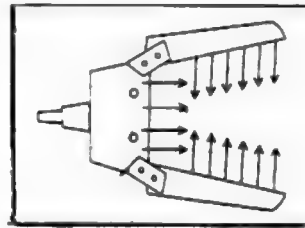
وعندما يوضع ناقل منخفض المقاومة (عضو من الجسم) في مجال تأثير هذا الحقل تنشأ تيارات كهربائية تحريضية ضمن هذا الناقل، وتكون دائرية الشكل circular shaped بتغير اتجاهها بحسب تغير اتجاه الحقل المغناطيسي المحرض، تحدث مثل هذه التيارات بشكل كبير في النسيج ذات المقاومة المنخفضة، وبحسب قانون جول الحراري ترتفع حرارتها بشكل أكبر.



الشكل (١-٣١A): قطب الطبل



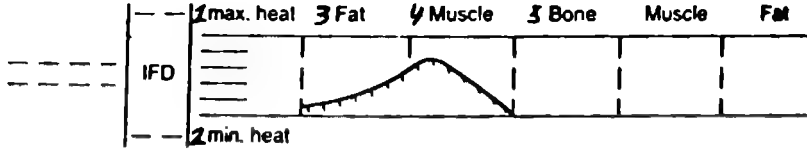
الشكل (١-٣١B): قطب مزدوج كل جناح flap يحوي ملف



وكلما كان احتواء النسيج للكهارل electrolyte أكبر كانت مقاومتها أخفض، ويعد الدم الأكثر احتواءً لهذه الكهارل (٩٠٪)، وبذلك ترتفع حرارة العضلات الغنية بالدم بشكل أكبر من الدسم، العظام، أو الكولاجين، يوضح المنحني البياني التالي توزيع الحرارة شكل (١-٣٢).

ويمكن الحصول على تأثير حراري مشابه بالنسبة للعمق، بوساطة الحقل المكثف إذا طبقت الأقطاب بطريقة التوازي، وبرغم ارتفاع حرارة العضلات السطحية (١-٢ سم) بكلا الطريقتين، إلا أن نسبة الاختلاف في مدى ارتفاع درجة الحرارة بين الطريقتين غير معروف.

وبالنسبة للعضلات العميقة لا يكون التغير هاماً في درجة الحرارة بأي الطريقتين، وعلى كل حال يوجد بعض الاختلاف بين الطريقتين في توزيع الحرارة، فالحقل المكثف ينتج حرارة أكبر في الجلد والطبقة الشحمية من الحقل التحريضي (انظر المنحني البياني لكل من الطريقتين).



الشكل (١-٣٢): يبين نموذج توزيع الحرارة بطريقة حقل التحريض، لاحظ ارتفاع حرارة العضلات بشكل أكبر بالنسبة للنسيج الشحمي، وعدم حدوث أي تأثير حراري في العظم.

يتكون الحقل المغناطيسي أقوى بقدرجه الملف، وبذلك يتأثر الجلد والنسيج المتوسطة تحته، لكن ليس للعضلات وبشكل عام يعتمد ارتفاع الحرارة على عمق النسيج ونوعه.

١- الحرارة العظمي.

٢- الحرارة السخري.

٣- النخج.

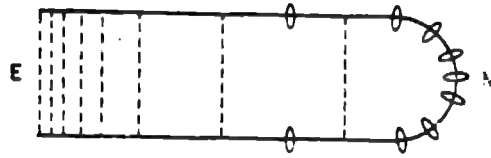
٤- العضلات.

٥- العظم.

* طريقة الكبل Cable method :

يستعمل بهذه الطريقة سلك كهربائي ثخين محاط بمادة عازلة يكمل دائرة المريض، ويتم توصيله بحسب أنسجة المريض بعد أن يفصل عنها بطبقة عازلة، ويستعمل لهذا الغرض ٤ طبقات من البشاكير على الأقل، لتؤلف سماكة قدرها (١ سم) وربما أكثر، تفيد في امتصاص الرطوبة الناتجة عن الحرارة.

عند استعمال الأمواج القصار بهذه الطريقة، يمكن الاستفادة من تأثير الحقل الكهربائي electric field أو تأثير الحقل المغناطيسي magnetic field، أو كلا التأثيرين بنفس الوقت. حالما يمر التيار الكهربائي المرتفع التردد عبر الكبل، ينشأ حقل كهربائي ثابت electrostatic متغير بين نهايتيه، وحقل مغناطيسي متغير حول الجزء المركزي، تؤثر في النسيج الواقعة ضمن مجالها كما في الشكل (١-٣٣)



الشكل (١-٣٣): يبين الحقل الكهربائي والحقل المغناطيسي حول الكبل حيث E يمثل الحقل الكهربائي، M يمثل الحقل المغناطيسي.

١- الحقل الكهربائي الثابت the electrostatic field:

تتأثر النسيج، المتوضعة بين نهايتي الكبل بحقل كهربائي ثابت قوي، يشبه التأثير الناجم عن التيار المطبق بوساطة الحقل المكثف، وتتبع توزيع الحقل بنفس المبادئ، وبينما تميل حرارة النسيج السطحية والنسيج ذات المقاومة المنخفضة للارتفاع بشكل أكبر، يمكن الحصول على تأثير حراري أكبر للنسيج الأكثر عمقاً والأكثر مقاومة باستعمال طرق مناسبة.

٢- الحقل المغناطيسي the magnetic field :

لدى مرور التيار الكهربائي عبر الكبل، ينشأ حوله حقل مغناطيسي متغير، يؤدي لحدوث تيارات تحريضية دائرية في الناقل (بحسب قانون فارادي)، تحدث مثل هذه التيارات في أنسجة المريض المتوضعة عند الجزء المركزي للكبل، وتحدث تأثيراً حرارياً، يقتصر تأثيرها على النسيج ذات المقاومة المنخفضة، لذلك لا يحصل التأثير الحراري في الطبقة الشحمية تحت الجلد.

تتكون هذه التيارات بشكل أولي في الجزء السطحي من الناقل، حيث قوة الحقل المغناطيسي تكون أكبر، لذلك تتأثر النسيج السطحية بشكل أكبر، ورغم انتقال بعض الحرارة إلى النسيج المجاورة عن طريق الاتصال وانتقال الدم، إلا أن التأثير يكون أكبر في النسيج السطحية ذات المقاومة المنخفضة.

٣- التأثيرات النسبية للحقلين Relative effects of two fields :

أظهرت التجارب بأن تأثير الحقل الكهربائي يكون سائداً في حال تطبيق الكبل على مواد مرتفعة المقاومة، بينما يسود تأثير التيارات التحريضية عند تطبيق الكبل على مواد منخفضة المقاومة.

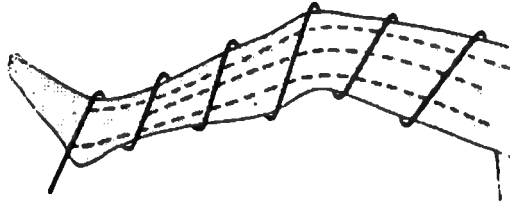
وبذلك لدى علاج منطقة مرتفعة المقاومة، وكان الهدف الحصول على حرارة عميقة، يفضل استعمال الحقل الكهربائي بين نهايتي الكبل على استعمال التيارات التحريضية في الجزء المركزي من الكبل.

بينما في علاج مناطق منخفضة المقاومة، وكان الهدف الحصول على حرارة سطحية، يفضل استعمال التيارات التحريضية في الجزء المركزي من الكبل على استعمال الحقل الكهربائي.

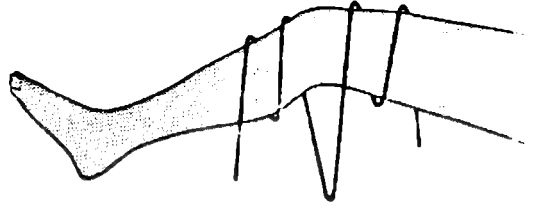
ويمكن الاستفادة من كلا التأثيرين بنفس الوقت، إذا طبق كامل الكبل على الجزء المعالج، إذ يتكون الحقل الكهربائي بين نهايتي الكبل، بينما يتكون الحقل المغناطيسي في الجزء المركزي.

أمثلة تطبيقية:

- لدى علاج الأطراف غالباً ما يلف الكبل حول الجزء المراد علاجه، وإذا كانت المساحة واسعة مثل كامل الطرف، يستعمل كامل الكبل، ويستفاد من كلا الحقلين معاً كما في الشكل (١-٣٤)، أما إذا كانت المساحة صغيرة، لا يستعمل كامل الكبل، إنما يستعمل الجزء المركزي أو النهايتين، وذلك بحسب العمق الحراري المطلوب ومقاومة النسيج، فإذا كانت المنطقة مرتفعة المقاومة يكون الحقل الكهربائي الثابت بين النهايتين أكثر فعالية، ومثال ذلك عند علاج مفصل الركبة تطبق لفتين عند كل نهاية تحيط بالمفصل كما في الشكل (١-٣٥).



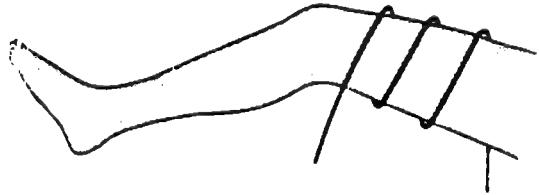
الشكل (١-٣٤): يطبق كامل الكبل على الطرف السفلي.



الشكل (٣٥-١): تطبيق نهايتي الكبل على مفصل الركبة.

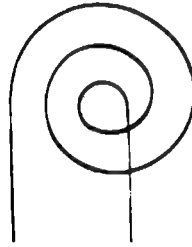
- ولدى علاج مفصلين بآن واحد، مثل الكتفين، تلف لفات قليلة بإحدى النهايتين على المفصل الأول وأخرى ماثلة على المفصل الثاني بالنهاية الثانية كما في الشكل (٤٢-١).

- لدى علاج منطقة منخفضة المقاومة مثل عضلات الفخذ أو الربلة كما في الشكل (٣٦-١) تحدث التيارات التحريضية تأثير حراري جيد، لذلك يستعمل الجزء المركزي من الكبل.

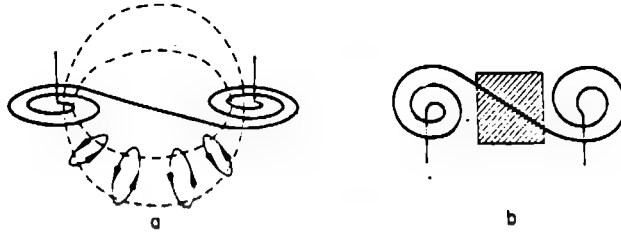


الشكل (٣٦-١): تطبيق الجزء المركزي من الكبل على الفخذ.

- ولدى علاج منطقة واسعة مثل الظهر، يمكن تطبيق الكبل بشكل لولب مسطح flat helix كما في الشكل (٣٧-١)، أو وضع لولب بكل نهاية كما في الشكل (٣٨-١)، أو يطبق مثل الشبكة كما في الشكل (٣٩-١) وبالطريقة الأخيرة يكون الحقل المغناطيسي مركب complex، ومن المحتمل أن لا يخرق النسيج لعمق كبير، ويحدث التأثير الحراري بشكل رئيسي بوساطة الحقل الكهربائي، أما بالطريقتين الأولىين يحصل التأثير الحراري بوساطة التيارات التحريضية، التي تكون جهتها بشكل متعامد مع خطوط الحقل المغناطيسي، وبذلك تكون الحرارة الناتجة عن تطبيق لولب واحد بشكل خاتم مجوف تحت اللولب كما في الشكل (٤٠-١).

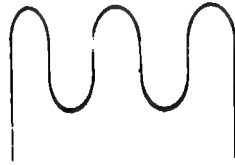


الشكل (٣٧-١): تطبيق الكبل بشكل لولب مسطح Flat helix



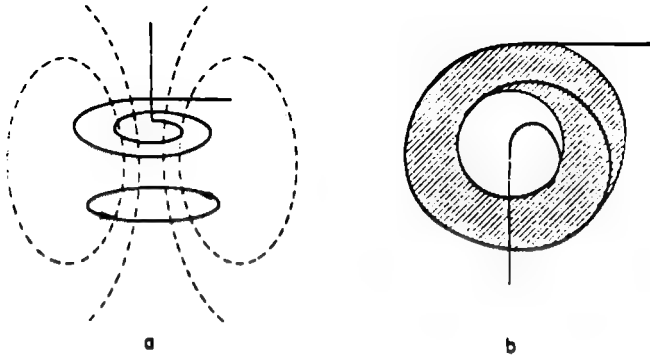
الشكل (١-٣٨): وضع لولب عند كل نهاية لاحظ كيف تربط خطوط الحقل بين اللولين.

- a- الحقل المغناطيسي الذي يحدثه تياراته دائرية مرسوم بشكل منقط.
- b- المنطقة المظلمة تمثل الإنتاج الأعظمي للحرارة، بسبب تشكّل التيارات الدائرية في الجزء المركزي.



الشكل (١-٣٩): تطبيق الكبل بشكل شبكة Grid (مصبغة).

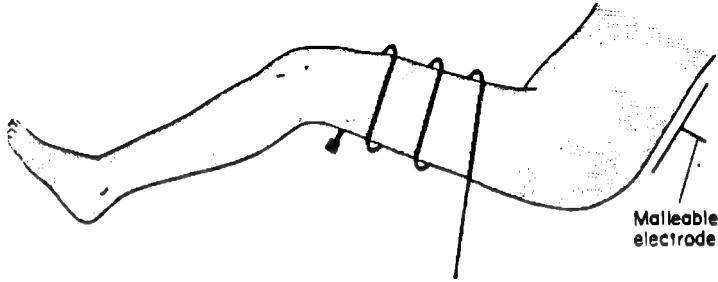
وتحدث التيارات الدائرية في المنطقة المتوسطة بين اللولين، وبذلك يحصل التأثير الحراري في هذه المنطقة، ويكون أكبر في النسيج السطحية بسبب قوة الحقل المغناطيسي، ويجب الانتباه لتوفر مسافة مناسبة بين اللولين، بحيث يؤدي خلاف ذلك لارتفاع الحرارة بشكل كبير في هذه المنطقة وحدوث الحرق، ويوضع اللولين إما بشكل مستوي كما في الشكل (١-٣٨) أو توضع بشكل متقابل على وجهي المنطقة المعالجة كما في طريقة التقابل في المكثف.



الشكل (١-٤٠): يبين نموذج التسخين الناجم عن التيارات الدائرية في النسيج، الحادثة بواسطة الكبل بشكل لولب واحد single helix.
 a- الخطوط المنقطعة تمثل الحقل المغناطيسي المسببة لنشوء التيارات الدائرية منظر جانبي
 b- المنطقة المظلمة تمثل مكان إنتاج الحرارة، منظر ملوي.

ويمكن استعمال الكبل بالمشاركة مع قطب مكثف، وتفيد هذه الطريقة في علاج مفصل الورك في حال عدم التمكن من تطبيق التقابل بوضعية الحقل المكثف، بحيث يلف الكبل على الفخذ، على أن تكون النهاية الأولى موصولة بالجهاز بينما تعزل الثانية بدعامة مطاطية، ويوضع قطب المكثف على مستوى العجز sacrum على الجانب المصاب وتوجيه الحقل الكهربائي على منطقة الورك كما في الشكل (١-٤١)

تفيد طريقة الكبل في علاج المناطق الواسعة التي لا يمكن الوصول إليها بواسطة الحقل المكثف أو في علاج المناطق الغير منتظمة، كما في حالة إصابة اليد بالتهاب المفاصل الروماتزمي rheumatoid arthritis، أو في حال الرغبة في تجنب تسخين طبقة الشحم تحت الجلد.



الشكل (١-٤١): يبين استعمال الكبل (إحدى النهايتين معزولة) بالمشاركة مع قطب مكثف لعلاج مفصل الورك.

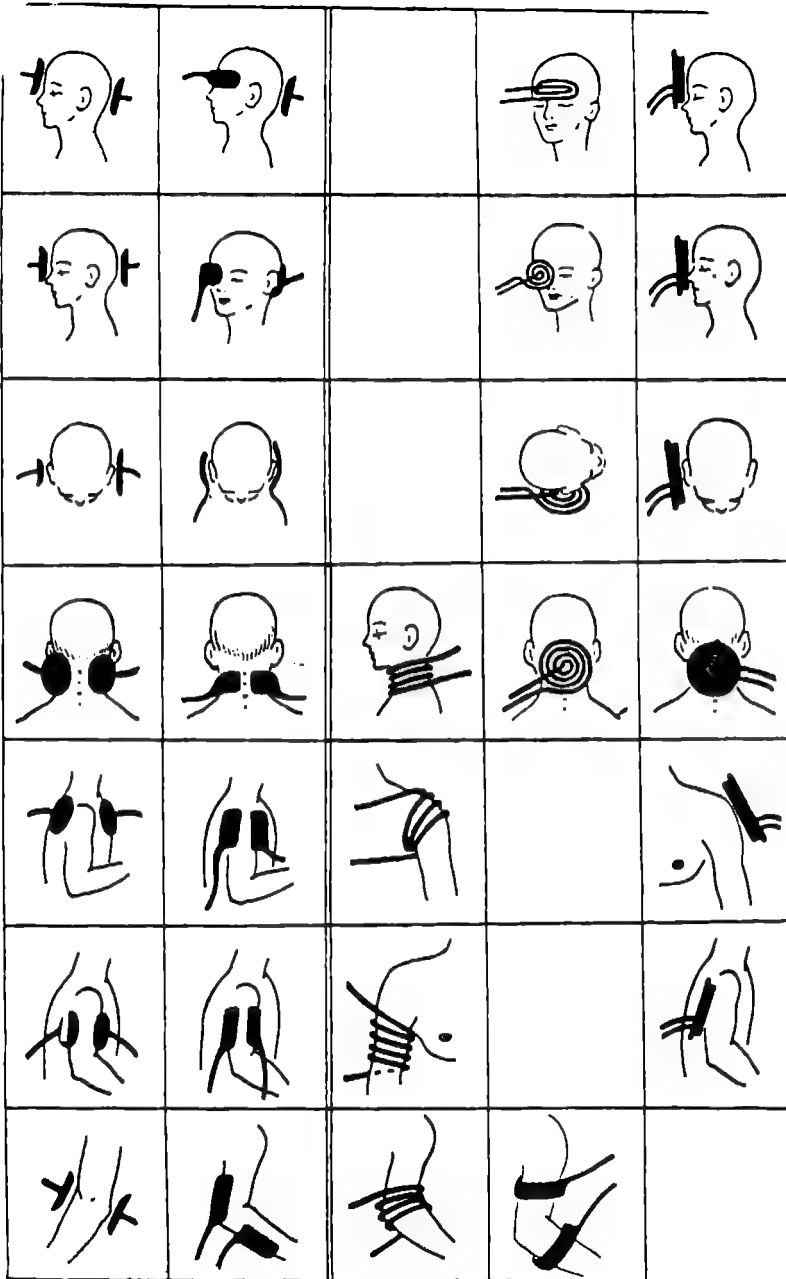
ويبين الشكل (١-٤٢) تطبيق طريقة الكبل والأقطاب.

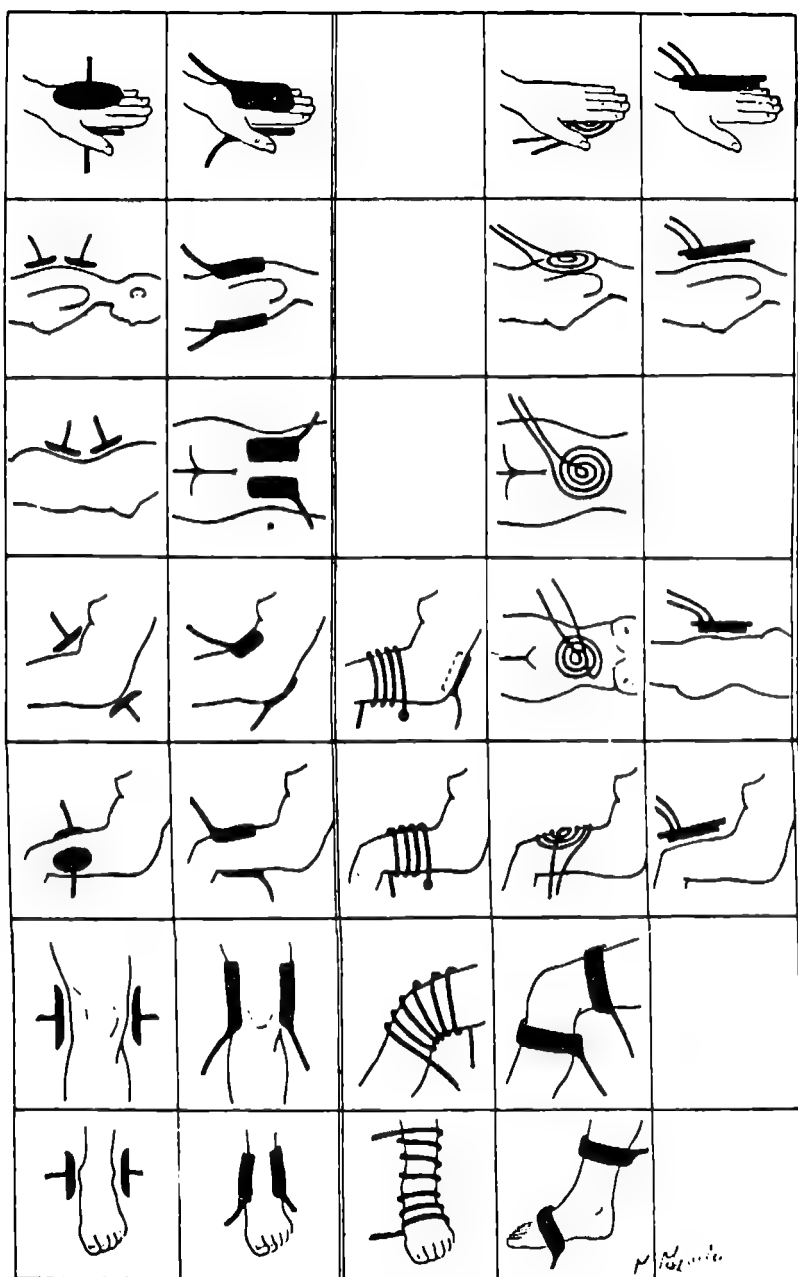
* تطبيق الأمواج القصار بشكل نبضي pulsed short wave

:diathermy

أيد البعض استعمال الأمواج القصار بشكل نبضي باعتقاد أنه يمكن الحصول على فوائد أخرى غير الحرارية، وذلك بوجود دارات إيقاف تشغيل (on-off) ضمن الجهاز تعمل على إصدار الأمواج بشكل متقطع (نبضي)، حيث أنه في طور التشغيل تمتص الحرارة من قبل الأنسجة وفي طور الإيقاف يعمل الدم على نقل هذه الحرارة فيحول دون ارتفاع حرارة هذه النسيج، وتوجد تقارير طبية عديدة مقنعة حول التأثير الإيجابي لهذه الطريقة في ترميم الجروح wound healing.

وعلى كل حال فشلت المحاولات العلمية العديدة في إيضاح أهميتها العلاجية لتقدم دلائل كافية تدعم الاستخدام الطبي لهذه الطريقة.





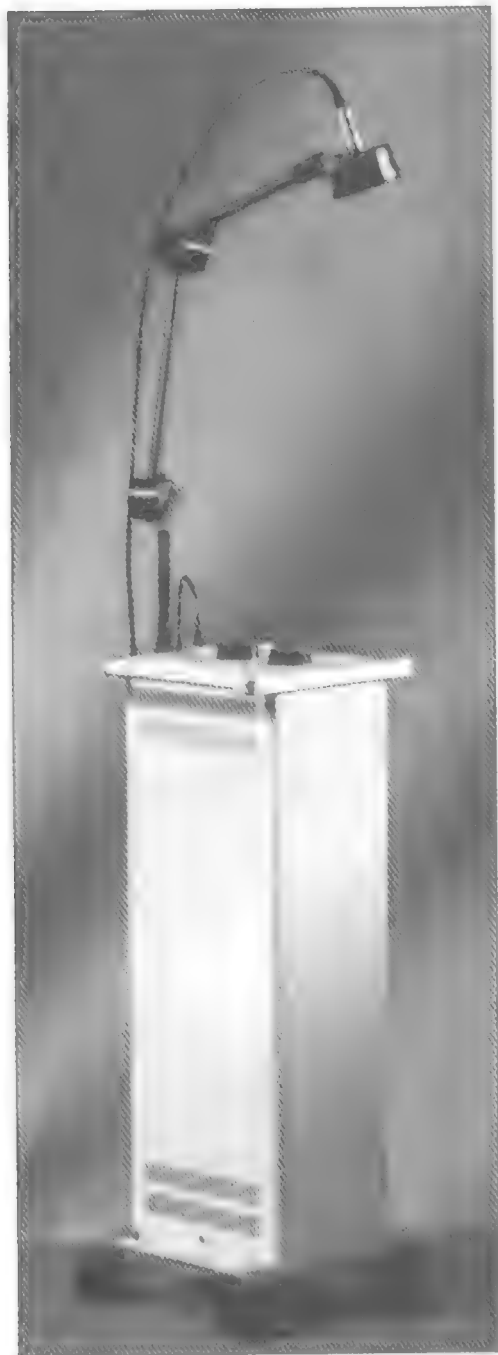
الشكل: (٤٢-١)

ج- الإنفاذ الحراري بالأمواج القصيرة جداً: microwave diathermy

تعتبر الأمواج القصيرة جداً (MW) أو أمواج الرادار Radar wave شكلاً من أشكال الإشعاعات الكهرومغناطيسية Electro magnetic radiation، تقع بين الأشعة تحت الحمراء والأمواج القصار وهي ذات تردد مرتفع ٢٤٥٠ مليون هرتز وطول موجة قصير ١٢ سم، تنتقل بسرعة الضوء وتنتقل عبر الخلاء ويمكن أن تنعكس reflected، تنكسر refracted، تمتص، تستطير scattered، وتتأثر هذه الخصائص بطبيعة المادة والتردد وقوة الحقل.

حالياً يعد الإنفاذ الحراري بالأمواج القصيرة جداً النوع الرئيسي الثاني لوسائل الإنفاذ الحراري، ومن أكثر الوسائل التي أجريت عليها الدراسات التجريبية قبل وضعها في مجال التطبيق الطبي، فبعد أن نشر Krusen وزملائه أول تقرير للدراسات التجريبية على MW عام ١٩٤٧، ظهرت عدة دراسات في مناطق أخرى تضمنت التأثيرات الحرارية والعمق الذي تصل إليه مقارنة مع الأمواج القصار والأشعة تحت الحمراء وطبيعة المنطقة المعالجة وتأثير الجرعات الزائدة، واستمرار ظهور الدراسات التجريبية، لكن التقارير الطبية حول نتائجها كانت قليلة.

يحوي جهاز MW على مزود طاقة power supply يصدر تيار كهربائي عالي التردد يدعى المغنطرون magnetron وهو صمام مفرغ يخضع تدفق الإلكترونات فيه لتأثير مجال مغناطيسي خارجي، ويتطلب فترة قصيرة للإقلاع قبل أن يصبح الجهاز معداً للاستعمال.

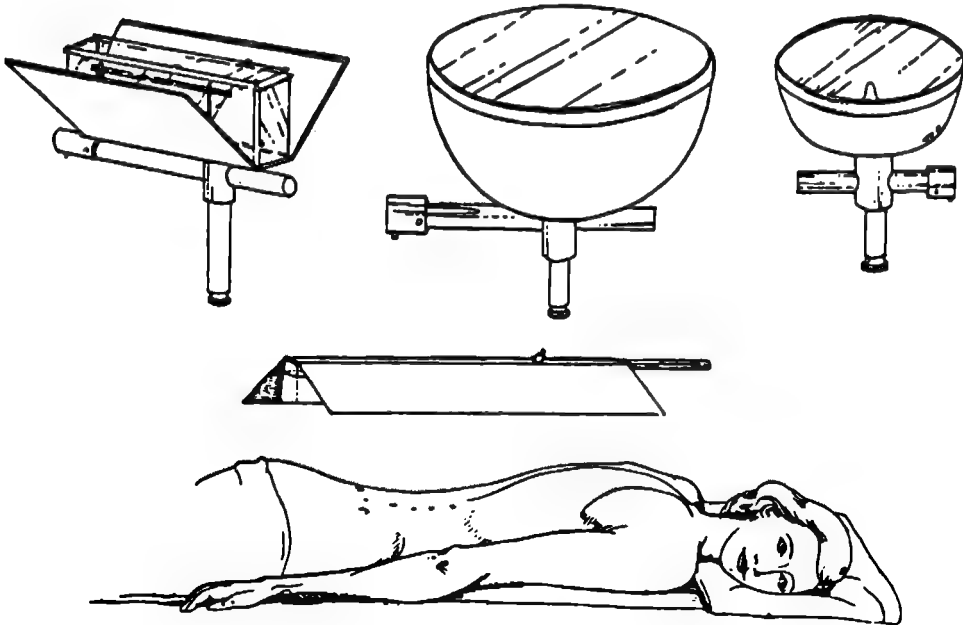


تنقل الطاقة الصادرة عبر كبل عازل إلى القطب الذي يوصلها بدوره إلى المريض، يدعى القطب بالموجة Director وله أشكال وحجوم مختلفة كما في الشكل (١-٤٣) ويتم اختيار القطب المناسب بحسب التأثير المطلوب والمنطقة المعالجة، فالنموذج الحراري الصادر عن القطب الدائري بشكل حلقة كما في الشكل (١-٤٤ أ) تكون شدة الحرارة فيه أقل ما يمكن في المركز، وبذلك يستعمل لعلاج المناطق ذات النواتئ العظمية والمفاصل السطحية، بحيث توضع هذه المناطق تحت الجزء المركزي.

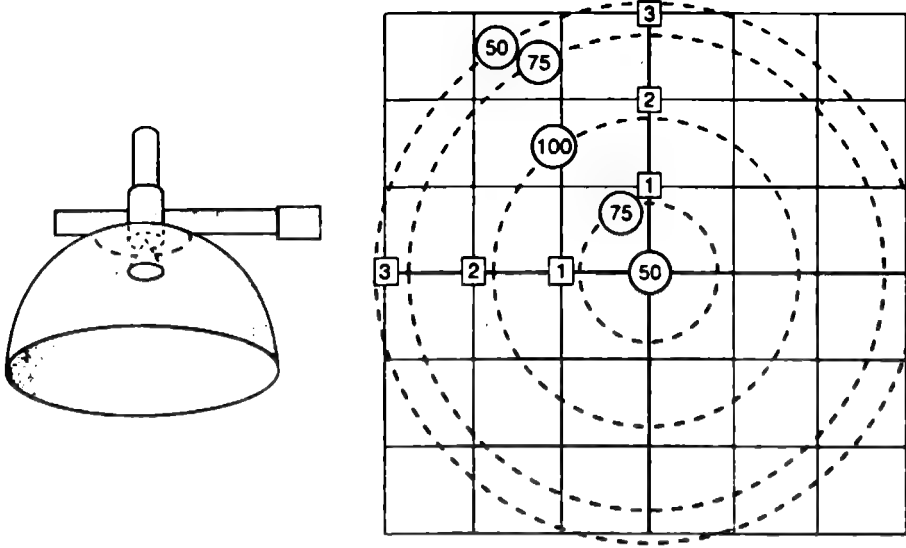
وبالمقابل تكون الحرارة مركزية عند استعمال القطب المستطيل كما في الشكل (١-٤٤ ب)

لا يطبق القطب مباشرة على الجلد ولكن بترك مسافة لا تقل عن

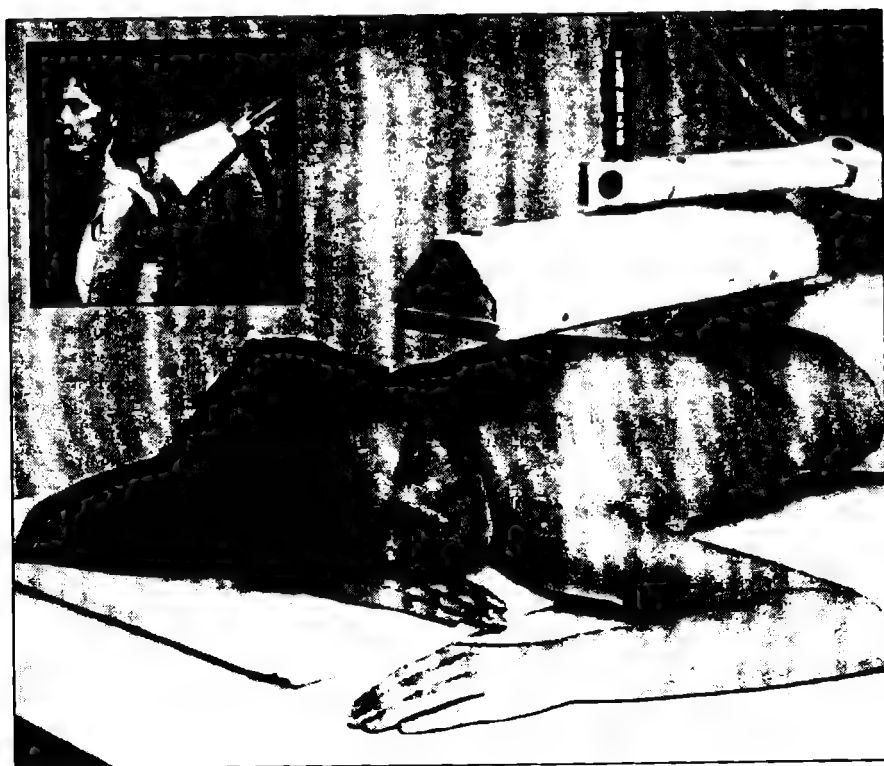
٢,٥ سم.

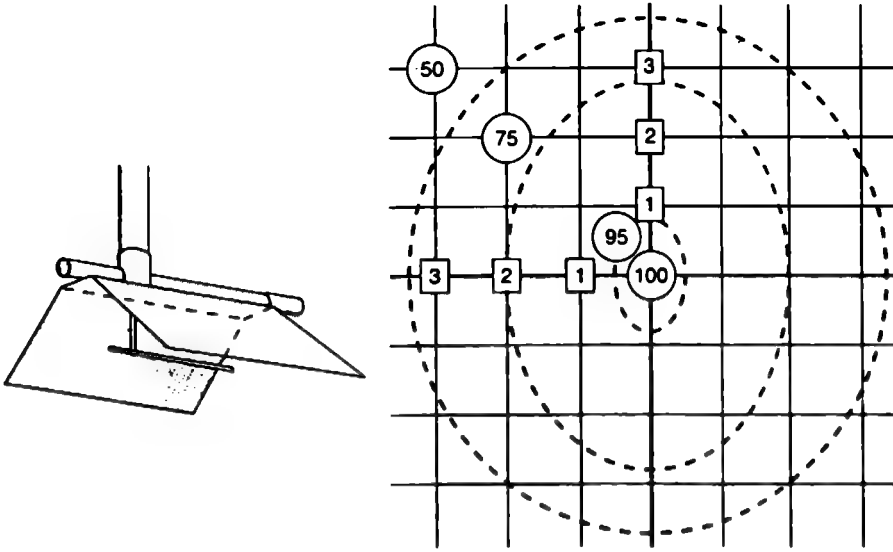


الشكل (١-٤٣)



الشكل (١-١٤٤): يبين نموذج الحقل الصادر عن تطبيق القطب ذو الشكل الدائري، لاحظ الشدة العظمى (١٠٠%) تحت حواف القطب (المنطقة الثانية) و ٥٠% في المركز وتتنخفض تدريجياً بالابتعاد عن حواف القطب. وتزداد عند علاج منطقة واسعة مع زيادة الشدة، وينبغي الانتباه عند تحديد المسافة مراعاة أعلى منطقة في المنطقة المعالجة وأن تكون الأشعة بشكل عمودي مع الجسم، وتزود الشركات المصنعة تعليمات حول الشدة والمسافة لكل قطب.



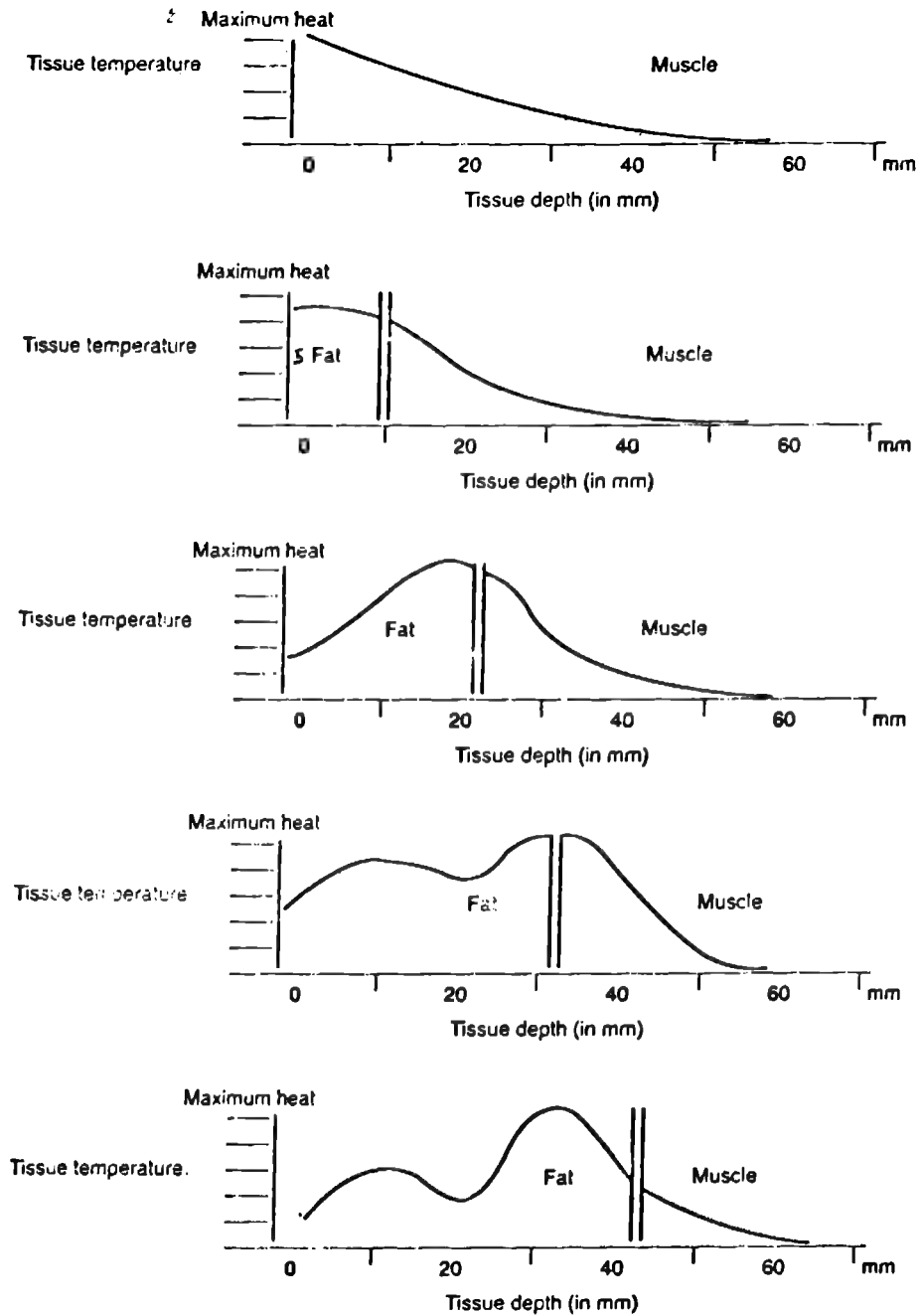


الشكل (١-٤٤ب): يبين نموذج الحقل الصادر عن تطبيق القطب المستطيل، لاحظ القيمة العظمى للشدة ١٠٠% في المركز.

يعمل القطب (الموجه) على إيصال الطاقة الكهربائية إلى الجسم، وتحول بدورها إلى حرارة عن طريق حركة الجزيئات ثنائية القطب dipole molecules، مما يعني ارتفاع حرارة النسيج العضلي أكثر من الشحمي لاحتوائه كميات أكبر من هذه الجزيئات، وهذا ليس ثابتاً إذ يمكن حدوث العكس ويتم إيضاح ذلك على النحو التالي:

بحسب خصائص الأشعة الكهربائية يمتص قسم منها عند تطبيقها من قبل النسيج الشحمي وينعكس قسم آخر عن طريق الجلد وينعكس قسم آخر عن طريق الوجه الداخلي للكائن بين النسيج العضلي والشحمي باتجاه النسيج الشحمي ويمتص قسم آخر عن طريق النسيج العضلي وبذلك يكتسب النسيج الشحمي حرارة إضافية مما يعني وصول حرارته إلى مستوى حرارة النسيج العضلي أو يتجاوزها قليلاً عندما تزيد سماكة النسيج الشحمي عن ٢ سم.

يعتمد الاختلاف النسبي في ارتفاع حرارة كل من النسيج العضلي والشحمي على سماكة كل منهما كما في الشكل (١-٤٥).



الشكل (١-٤٥): يبين تأثير سماكة النسيج الشحمي في توزيع الحرارة أثناء تطبيق الأمواج القصيرة جداً.

كلما زادت سماكة الطبقة الشحمية زاد امتصاصها للحرارة ونقص امتصاص النسيج العضلي

١- درجة حرارة النسيج.

٢- الحرارة العظمى.

٣- العضلة.

٤- عمق النسيج.


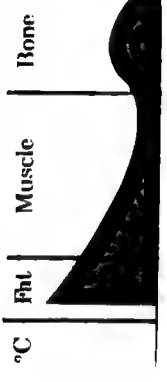

٥- الشحم.

وعند حدوث ارتفاع في درجة حرارة الطبقة الشحمية ينبغي تخفيض الشدة وبذلك يكون التأثير الحراري الناتج عن تطبيق الأمواج القصيرة جدا بتردد ٢٤٥٠ م.هـ أقل منه عند تطبيق الأمواج القصيرة، إضافة إلى وجود مسافة بين القطب والجلد مما يعني ضياع قسم من الطاقة، مما أدى ذلك لتصميم أجهزة بترددات أقل مثل ٩١٥ م.هـ تطبق مباشرة على الجلد تحدث تأثير حراري عميق يصل إلى ٤ سم دون ارتفاع زائد في حرارة الجلد والطبقة الشحمية.

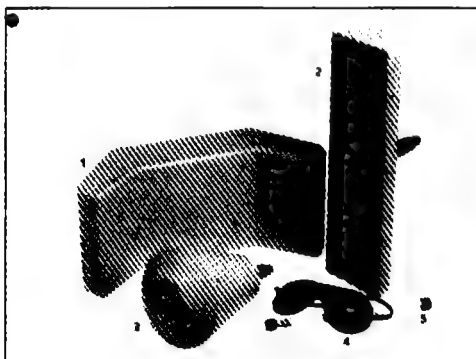
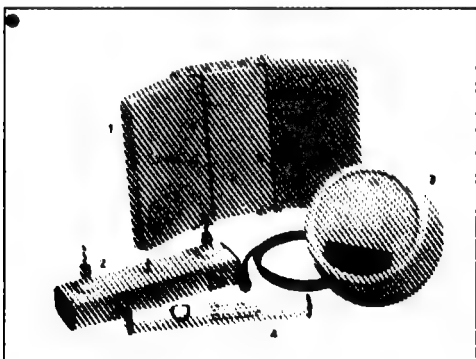
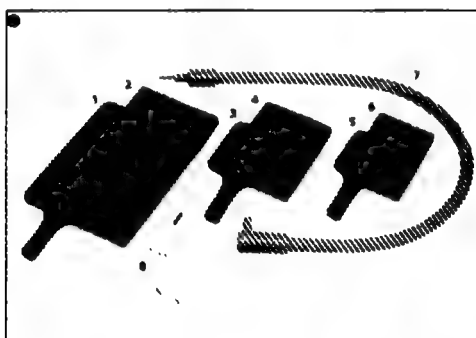
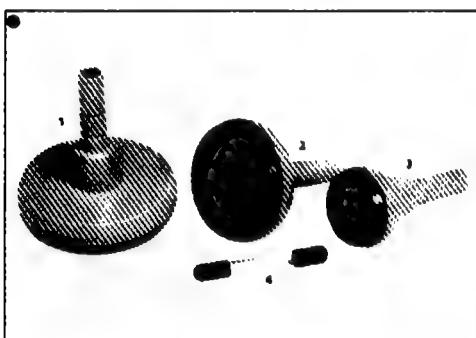
وأظهرت دراسة أجراها Fadilah وزملائه على مفاصل الأرناب للمقارنة بين نسبة الاختلاف في ارتفاع حرارة الجلد والعضلات والأربطة والمحافظ المفصالية فتبين ارتفاع حرارة المحافظ المفصالية بشكل أكبر دون حدوث ارتفاع زائد في حرارة النسيج السطحية.

ومع ذلك كانت نتائج البحوث حول التأثير الحراري لاستعمال ترددات منخفضة متنوعة، فيها خلاف غير حاسمة.

وفيما يلي جدول يلخص التأثير الحراري الناجم عن طرق الإنفاذ الحراري واختيار الجهاز المناسب حسب الحالة والتأثير المطلوب.

الأمواج القصيرة جداً MW.		<p>١- النسيج الشحمي يمتص معظم الطاقة ويحدث تأثير حراري زائد غير مرغوب فيه.</p> <p>٢- امتصاص النسيج العضلي للحرارة أقل مقارنة مع SW</p> <p>٣- عدم حدوث أي تأثير حراري في العظم</p>
الأمواج القصيرة SW تطبق حقل المكثف بطريقة التقابل.		<p>١- امتصاص الحرارة بشكل أكبر من النسيج السطحية.</p> <p>٢- حدوث تأثير حراري في النسيج العضلي والعظمي.</p>
الأمواج القصيرة SW بطريقة حقل التخريض.		<p>١- تأثير أقل للحرارة في الطبقة الشحمية.</p> <p>٢- التأثير بشكل أكبر في النسيج العضلي والحصول على تأثيرات علاجية أفضل.</p> <p>٣- عدم حدوث أي تأثير حراري في العظم.</p>

وفيما يلي عرض لأنواع الأقطاب المختلفة لكل من MW و SW والتوصيلات في الأجهزة الحديثة:



ثالثاً: اختباراتهما فيما يتعلق بالعلاج:

:treatment considerations

١- اختبار الجهاز :preparation of the apparatus

قبل تشغيل الجهاز يجب التأكد من تعليمات الاستعمال وسلامة التوصيلات والوضعية الصحيحة للمفاتيح وتعليمات الأمان المرفقة من قبل الشركة المصنعة، وبعد التشغيل يمكن التأكد بوضع لمبة نيون بين الأقطاب فتضيء دلالة على عمل الجهاز.

٢- أسلاك التوصيل :connecting leads

ينبغي التأكد من الوضعية الصحيحة للأسلاك والأقطاب بحيث يكون طولها متناسب مع الجهاز مع ترك مسافة بينها وأن تكون بشكل مواز لبعضها وعدم التفافها وتماسها ووجود نواقل بقرها وترك مسافة كافية بينها وبين الجلد لتجنب حدوث تيارات تحريضية.

٣- وضع وحجم الأقطاب :position and size of electrodes

تحدثنا عن ذلك في الفقرات السابقة، ولكن يجب الانتباه لوجود حقل كهربائي على حواف القطب وفي الجهة الخلفية إضافة للحقل الصادر من الأمام وإن تماس الجسم مع هذا الحقل يؤدي لحدوث تأثير حراري غير مرغوب فيه، فمثلاً لدى علاج مفصل الركبة قد يحدث تماس بين الجهة الخلفية للقطب المطبق على الوجه الأنسي ومفصل الركبة الثانية.

٤- تطبيق التيار :Application of Carrent

بعد التأكد من الوضعية الصحيحة لكل من المريض، الأسلاك، الأقطاب يتم تشغيل الجهاز ورفع الشدة بشكل تدريجي لترك فترة لحدوث التوسع

الوعائي vasodilation وليستطيع المريض تقدير الأثر الحراري، وفي حال حدوث تأثير غير مرغوب فيه يتم خفض الشدة إلى الصفر مباشرة وإطفاء الجهاز وإبعاد الأقطاب.

٥- الجرعة العلاجية treatment dosage:

بما أنه لا يمكن تحديد كمية الطاقة التي يتلقاها المريض بدقة، يبقى إحساسه المعيار الرئيسي لتحديد الشدة، وفي معظم الحالات يجب أن تكون كافية لإحداث إحساس حراري مريح وتحدد بحسب الحالة (حادّة-مزمنة).

تطبق الشدة في البداية بشكل خفيف ويسجل إحساس المريض ثم تزداد مع الأخذ بعين الاعتبار إحساس المريض، إذ يعتقد بعض المرضى أن الحرارة المرتفعة أكثر فائدة وهذا خطأ بسبب الاختلاف في درجة الحرارة بين النسيج العميقة والسطحية المحتوية على المستقبلات الحرارية.

وتحدد فترة المعالجة وعدد الجلسات بحسب الهدف المرجو من العلاج (تسكين الألم أو زيادة قابلية تمدد النسيج) والحالة المرضية (حادّة-مزمنة) وتعتبر الفترة من ٢٠-٣٠ دقيقة كافية لإحداث التأثير الحراري المطلوب تخفض هذه عند علاج الحالات الحادة من ٥-١٠ دقيقة، وفيما يلي جدول يحدد الجرعة لكن يبقى إحساس المريض المعيار الرئيسي لهذه المبادئ.

الحالة المرضية	مستوى الجرعة	تكرار العلاج	إحساس المريض الحراري	نسبة مخرج الطاقة من الجهاز
التهاب حاد	الأدنى	يوميًا من ١-٢ أسبوع	أقل إحساس حراري يمكن الشعور به	$\frac{1}{4}$ مخرج الجهاز
التهاب تحت الحاد	منخفض	يوميًا من ١-٢ أسبوع	بالكاد يشعر بالحرارة	$\frac{1}{2}$ مخرج الجهاز
الحالة الالتهابية	متوسط	يوميًا من ١-٢ أسبوع	إحساس واضح بالحرارة لكن مريح	$\frac{3}{4}$ مخرج الجهاز
الحالة المزمنة	مرتفعة	يوميًا أو مرتين باليوم من أسبوع إلى شهر	إحساس حراري واضح ضمن حدود التحمل	كامل مخرج الجهاز

٦- تقنيات التطبيق techniques of application:

أ- تحضير المريض.

ب- التطبيق على أجزاء خاصة من الجسم.

أ- تحضير المريض preparation of the patient:

قبل البدء بالعلاج يجب اتخاذ الخطوات التالية:

١- انزع ملابس المريض من المنطقة المعالجة وذلك:

- يمكن أن تصبح الملابس رطبة أثناء العلاج نتيجة التعرق، وتمنع تبخير العرق.

- تعيق الملابس الضيقة الجريان الدموي مؤدية لارتفاع درجة حرارة المنطقة.

- تحول دون فحص الجلد والمنطقة المصابة وسوء تقدير المسافة بين الجلد والأقطاب ووضع الأقطاب

- تمنع المريض من التقدير الجيد للإحساس الحراري.

٢- تنظيف الجروح وتغطيتها بقماش جاف.

٣- اختبار إحساس المريض للحرارة والبرودة.

٤- نزع المجوهرات والساعات والنقود المعدنية والأجهزة الالكترونية وأجهزة تقوية السمع.

٥- فحص المنطقة بشكل جيد والتأكد من عدم وجود معادن خارج أو داخل جسم المريض (صفائح معدنية، خيوط جراحية، مواد داخل الرجم لولب)، .

- ٦- تنظيف المنطقة بشكل جيد وإزالة الدهون والأوساخ.
- ٧- وضع المريض بشكل مريح بحسب العضو والحالة المعالجة.
- ٨- وضع العضو بشكل مرفوع قليلاً لتحسين تفريغ السوائل (الوذمة).
- ٩- وضع المريض بحيث تكون العضلات بوضع مرخي، إلا إذا كان الهدف من العلاج زيادة قابلية تمدد النسيج (أثناء الحرارة) عندها توضع العضلة بأقصى طول لها.
- ١٠- عند تطبيق SW يوضع بشكير لامتنصاص التعرق أما MW لا يوضع شيء.
- ١١- إعلام المريض عن الإحساس الحراري الذي سيشعر به، والإبلاغ عن أي شيء غير طبيعي أو حدوث ارتفاع زائد في درجة الحرارة.
- ١٢- عدم تحريك المريض أثناء العلاج لأن ذلك يؤدي لزيادة أو نقصان في درجة الحرارة (عند تطبيق SW يحدث عدم توافق بين دارات الجهاز أي الطنين، أما في MW تختلف المسافة بين القطب والجلد وزاوية سقوط الأشعة).
- ١٣- عدم وضع المريض على طاولة أو كرسي معدني أو وجود أي معادن أو أجهزة إلكترونية ضمن الحقل الكهربائي (مسافة لا تقل عن ٣٠ سم من الأقطاب).
- ١٤- وضع مواد ماصة للرطوبة بين سطوح الجلد المتلامسة (الإبط مثلاً).
- ١٥- مراقبة المريض بشكل دائم وإزالة التعرق.

١٦- التأكد من عدم وجود أي تماس بين المريض والأسلاك والجهاز أو وجود أي شيء يؤدي لحدوث أخطار كهربائية (مثل وجود الماء).
ملاحظة: تملك المعادن والمواد الرطبة ثابت عزل مرتفع مما يؤدي لتركيز خطوط الحقل فيها وإحداث الحروق.

ب- التطبيق على أجزاء خاصة من الجسم: special techniques of application to specific parts of the body

١- العينين **Eyes**: يمكن تطبيق الأمواج القصار بطريقة حقل المكثف أو بطرية حقل التحريض الشكل (١-٤٢) تكون الشدة والفترة في البداية منخفضة ثم تزداد تدريجياً هذا وضع استعمال الإنفاذ الحراري لهذه المنطقة.

٢- الأذن **Ear**: تعالج الأذن إما بطريقة الحقل المكثف باستعمال قطبين مختلفي الحجم أو بطريقة حقل التحريض باستعمال الكبل بحيث يضع المريض أذنه على الكبل، الشكل (١-٤٢) وكلا الطريقتين مناسبة وتفيد هذه الطريقة في تسهيل تصريف السوائل في حال وجود سيلان قيحي purulent discharge (وضع الرأس الجانبي)، ويمكن أن يسبب الحقل الذي يجتاز منطقة قناة العصب الوجهي facial nerve أو يفلقم شلل الوجه بسبب الوذمة والتورم المتشكل نتيجة زيادة النفوذية الغشائية وبالتالي زيادة الضغط على العصب، وفي حال وجود ألم قد ينذر ذلك بشلل الوجه facial paralysis.



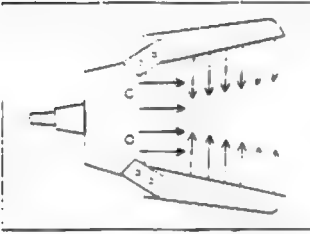
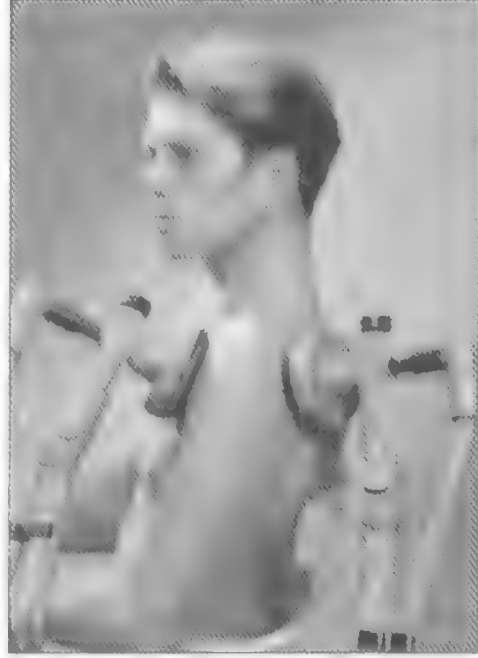
٣- الفم والأسنان **teeth and month**: تعالج الإصابات في هذه المنطقة بطريقة حقل المكثف ويحدث حقل التحريض تأثير حراري أكبر.

٤- الرقبة **Neck**: تعالج الرقبة إما باستعمال حقل المكثف باستعمال قطبين بنفس الحجم أو باستعمال حقل التحريض إما بشكل قيد حول العنق (الشكل (١-٤٢) أو بشكل قرص وتلف طبقة من البشاكير حول العنق في حال تطبيق الكبل بشكل قيد، وقد تكون غير مريحة خاصة إذا كان عنق المريض قصير.

٥- الكتف **the shoulder**: يعالج الكتف إما باستعمال حقل المكثف عن طريق قطبين كبيرين يطبقان بطريقة التوازي أو التقابل أو بشكل رقم ٧ بحيث لا يزيد الميلان عن ٣٠ وتفيد هذه الطريقة في علاج التهاب وتر ذات الرأسين أو التهاب وتر فوق الشوك.

أو باستعمال حقل التحريض عن طريق الطبل، القطب المزدوج الشكل (١-٣١B) أو عن طريق الكبل ويعتبر أسهل في عملية التطبيق الشكل (١-٤٢)





٦- المرفق **Elbow**: يعالج المرفق بمعظم الطرق لكن طريقة الكبل تعد الأفضل والأسهل في التطبيق، الشكل (١-٤٢)

٧- الرسغ اليد **wrist and hand**: يفضل علاج هذه المنطقة بطريقة حقل المكثف ذلك لأن معظم نسيج هذه المنطقة ذات مقاومة مرتفعة على حين توجد صعوبة في إحداث تيارات تحريضية بطريقة حقل التحريض، وتوجد طرق علاج أخرى أفضل لهذه المنطقة (البراين مثلاً).



٨- الصدر والبطن thorax and abdomen:

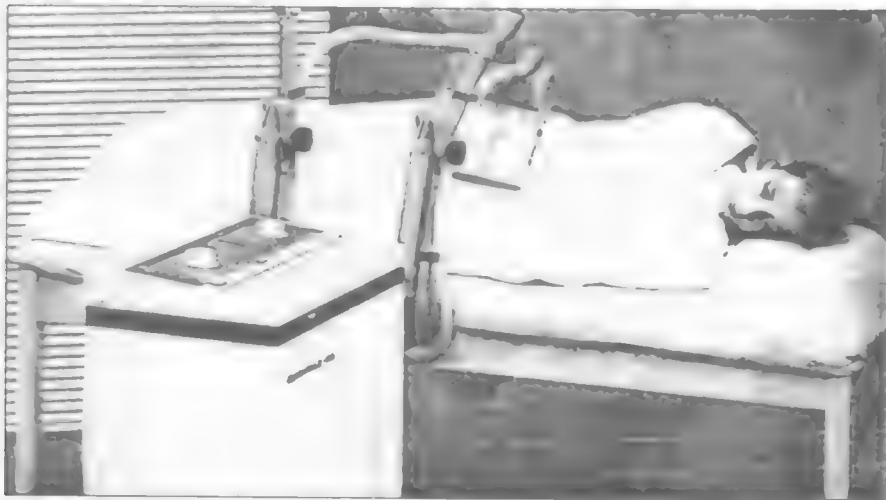
في الماضي كانت تعالج أحشاء البطن والصدر بالإنفاذ الحراري، لكن الدلائل على الاستمرار في تطبيقها قليلة خصوصاً مع ظهور العلاج الدوائي والكيميائي، أحياناً تطبق لإحداث تأثير حراري لرفع درجة حرارة الأنسجة تحت الطبيعية subnormal ويتم هذا بتطبيق الأقطاب بشكل أمامي جانبي anterolaterally أو خلفي جانبي posterolaterally أو على الجانبين bilaterally. ويوجد خطر بانخفاض الضغط بسبب كثرة الأنسجة التي ترتفع درجة حرارتها، ويجب مراقبة النبض والضغط بشكل جيد.

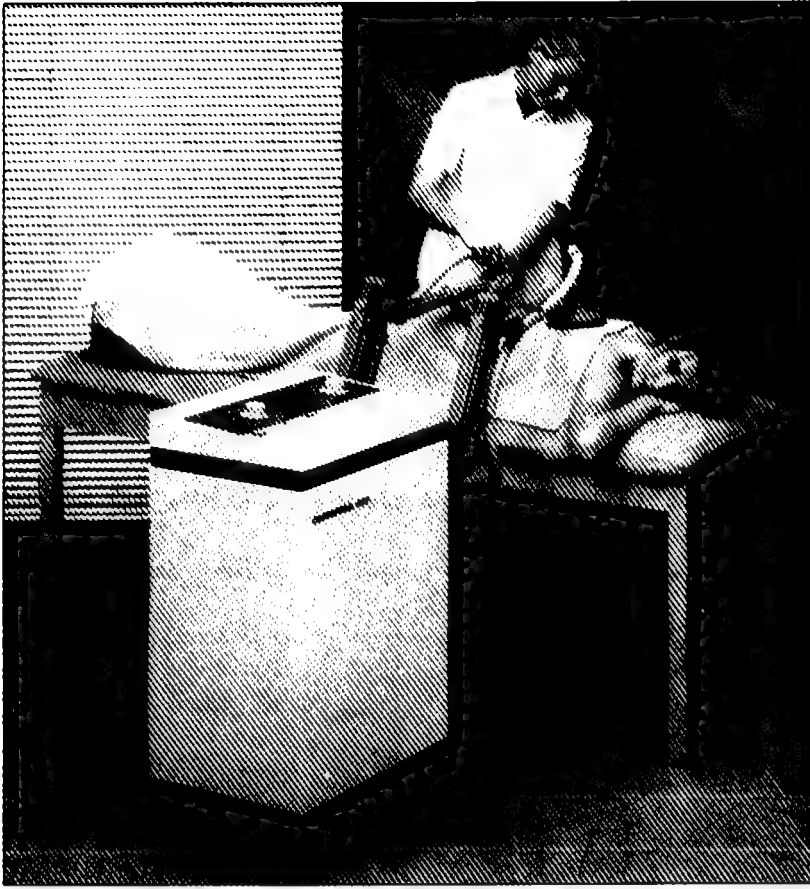
٩- الظهر والمنطقة القطنية dorsal and lumbar spine:

تعالج هذه المنطقة بكلا الطريقتين، وفي حال استعمال الحقل المكثف تطبق الأقطاب بطريقة التوازي إما بشكل طولاني وبالتالي تكون كمية النسيج المتعرضة للحرارة أكبر أو بشكل عرضي، وتفضل طريقة الحقل المكثف في علاج العظام والمفاصل (الشكل ١-٩).

وتطبق طريقة حقن التحريض إما باستعمال الطبل أو الكبل بشكل فطيرة
(الشكل ١-٤٢).

وفي كلا الحالتين يجب وضع بشكير لامتناس التعرق.





١٠- المفصل العجزي الأليوي sacroiliac joint:

أفضل طريقة لعلاج هذه المنطقة باستعمال الأقطاب القابلة للانحناء الشكل (١-٢٩) تطبق بشكل عرضي وتوضع فوق بشكير، توضع هذه الأقطاب على الوجه الوحشي وفوق مركز المفصل للحصول على أكبر تأثير حراري.

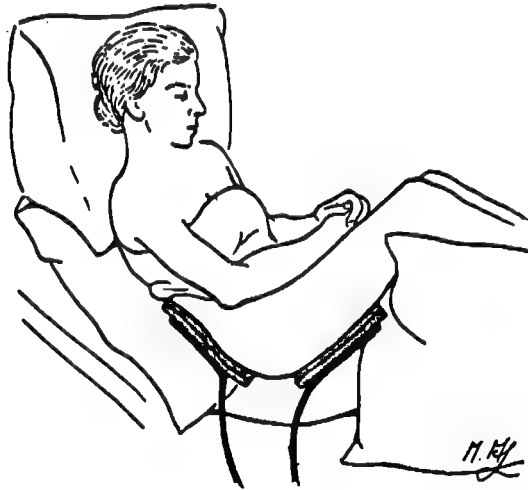
١١- الحوض pelvis:

يفضل علاج هذه المنطقة بطريقة بونز Bauwens وذلك على النحو التالي: يوضع المريض بشكل نصف مستلقي والركبتين مشنيتين مع وجود وسادة أو اثنتين تحتها، يطبق قطب كبير تحت الفخذين وآخر أسفل المنطقة القطبية الشكل (١-٤٦)

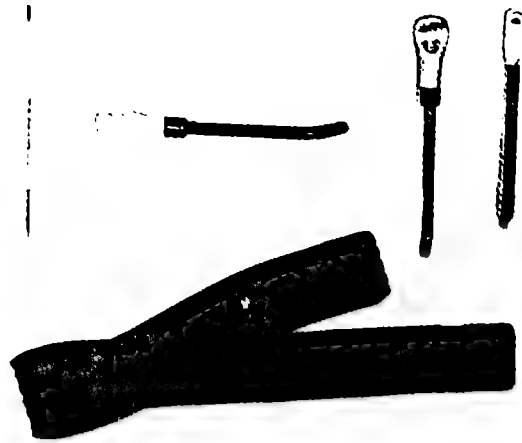
تمثل هذه الطريقة نظرياً مسلكاً أفضل للحقل لاجتياز الأعضاء الحوضية مع احتمال أقل للتداخل مع البنى العظمية، هذه الطريقة السهلة والمناسبة يمكن أن ترفع درجة حرارة الحوض إلى 102.2°F

وتوجد أقطاب خاصة لعلاج الحوض عند الأنثى، يوضع أحدها على البطن والآخر ضمن المهبل الشكل (١-٤٧)، ويجب الانتباه بحذر إذ يمكن للتبلر أن يتركز في القطب المهبلي ويؤدي لحدوث حروق، ولتجنب ذلك يوجد ميزان حرارة مهبلي يوضع مع القطب بحيث لا تتجاوز درجة الحرارة 108°F .

يطبق العلاج بشدة وفترة منخفضة في كلا الحالتين، إذ أنه يمكن أن تحدث SW في بعض الحالات مثل التهاب ما حول الرحم parametritis والتهابات الحوض المزمنة تفاقمًا في المرحلة المبكرة، وفي حال عدم حدوث تحسن تزداد الشدة والفترة للمدى الطبيعي.



الشكل (١-٤٦)



الشكل (١-٤٧): ويوجد فيه قطب مهبلي مع حزام بطني وقطب شرطي وميزان حرارة

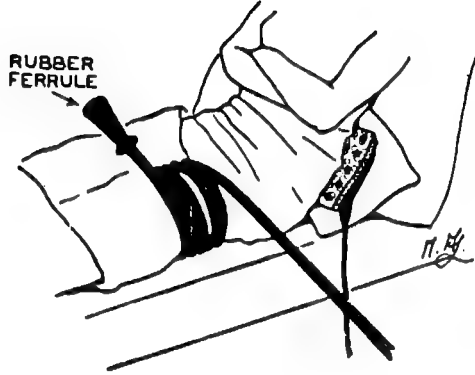
١٢- الورك Hip:

تعالج هذه المنطقة إما باستعمال حقل المكثف بتطبيق قطبين واحد من الأمام والثاني من الخلف (الشكل ١-٤٢) لكن توجد مساوئ لهذه الطريقة إذ يمكن للطاقة أن تتركز في مناطق معينة في كل من الوجه المحدب (المنطقة الأليوية) والوجه المقعر (المنطقة المغنبية)، إضافة إلى أن هذه المنطقة غنية بالنسج الشحمية وارتفاع حرارتها بشكل أكبر.

أو باستعمال حقل التحريض عن طريق الطبل أو الكبل بشكل فطيرة.

وتوجد طريقة أخرى سهلة التطبيق وذات تأثير علاجي جيد تدعى طريقة (القطب-الكبل) يوضع المريض بوضعية نصف الجلوس، يطبق قطب كبير قابل للطي أسفل المنطقة القطنية كقطب أول ويلف كبل معزول من نهايته على الفخذ في الجهة المصابة كقطب ثاني والذي يملك فعلياً تأثير قطب المكثف الشكل (١-٤٨).

إن المساحة الواسعة في هذه الحالة تقلل من تركيز الطاقة في الجلد والطبقة الشحمية وتسمح للتيار بمرور أكبر إلى عضلات هذه المنطقة، إضافة إلى أن هذه الطريقة توصل كمية أكبر من الطاقة إلى المريض.



الشكل (١-٤٨): يبين طريقة (القطب-الكبل) لاحظ كيف عزلت نهاية الكبل بعازل مطاطي.

١٣- الفخذ thigh:

يعالج الفخذ بكافة الطرق الشكل (١-٤٢) لكن تعتبر طريقة الكبل هي الأفضل لسهولة التطبيق وتأمين حقل متجانس ذو تأثير أفضل الشكل (١-٣٤) وهذه الطريقة مفيدة لإحداث ارتفاع في درجة الحرارة عند المصابين بانخفاض في درجة الحرارة hypothermia .



١٤- وتطبق معظم الطرق لعلاج الركبة والكاحل والقدم
(الشكل ١-٤٢)

١٥- الجلد skin:

من المحتمل أن تعالج انتانات الجلد skin infections مثل البثور
cboils furuncles، الجمرة (دمل كبير) carbuncles بشكل أفضل بطريقة
حقل المكثف على أن توضع الأقطاب بحيث يمر الحقل عبر هذه المناطق وعند
ارتفاع حرارتها من الأفضل وضع قطب صغير فوق المنطقة المصابة وآخر كبير
على الجانب الآخر من العضو.

رابعاً: الاستطبابات ومضادات الاستطباب:

indications and contraindications:

١- الاستطبابات Indications:

- * الالتهابات.
- * الانتانات البكتيرية.
- * الحالات الرضية.
- * تسريع عملية الشفاء.
- * تفريج الألم.
- * الإصابات العضلية.

* الالتهابات inflammations:

تحدث SW مجموعة تغيرات مثل التوسع الوعائي وبالتالي زيادة ورود
الأغذية والصادات والكريات البيضاء إلى المنطقة، وزيادة تناضح السوائل بين

الأفضية الخلالية والأوعية والتخلص من الفضلات، ومجمل هذه التغيرات تساعد
على انحلال التهاب resolution of inflammation

يجب توخي الحذر لدى علاج الحالات الحادة acute إذ يمكن لـ SW أن تؤدي إلى تفاقم الحالة الالتهابية، أما في الحالات تحت الحادة subacute يمكن زيادة الجرعة قليلاً ويمكن زيادة الجرعة بشكل واضح في الحالات المزمنة.

تفيد SW في علاج حالات خاصة مثل الإصابات العميقة كما في مفصل الورك، وجالات التهابات عديدة مثل التهاب المفاصل الروماتزمي rheumatoid arthritis التهاب المحافظ المفصلي capsulitis، التهاب الأوتار tendinitis.

والتغيرات الالتهابية التي تحدث في الأربطة حول المفاصل الملتهبة.

* التأثير على الانتانات البكتيرية effects in bactierial infections:

تفيد SW في علاج التهابات الناجمة عن الإصابات البكتيرية مثل الدمايل boils والجمرة (دمل كبير) carbuncles والخراجات abscesses، وذلك عن طريق تسريع العملية الالتهابية وزيادة تصريف الفضلات ونواتج التهاب، وفي بعض الأحيان تؤدي المعالجة المبكرة إلى تناقص التهاب دون تشكل قبح pus.

ولا يفيد تطبيق SW في التهابات التي تدوم لفترة طويلة، ويمكن للحرارة أن تدمر البكتيريا لكن من غير الممكن رفع درجة حرارة النسيج إلى هذا الحد دون حدوث تضرر فيها.

✱ الحالات الرضية traumatic conditions:

تؤثر SW في علاج الحالات الرضية بنفس طريقة تأثيرها على الالتهاب، ويجب توخي الحذر في الإصابات الحادة إذ يمكن أن تفاقم الحالة زيادة التورم، أما في الحالات المزمنة يمكن زيادة الجرعة والحصول على تأثيرات جيدة بالمشاركة مع طرق العلاج الأخرى.

✱ تسريع عملية الشفاء Reducing healing time:

ويحدث ذلك عن طريق زيادة التروية الدموية، التي تساعد في عملية ترميم الجروح، ويجب الانتباه إلى سلامة الاستجابة الوعائية للتأثيرات الحرارية.

✱ تفريج الألم Relief of pain:

إحدى أسباب الألم تكون الفضلات ضمن الأنسجة، وبالتالي يمكن عن طريق تطبيق جرعة خفيفة (الالتهابات الحادة) تهدئة الألم، الذي يساعد فيما بعد على تطبيق العلاجات الأخرى (التمارين) بشكل أفضل.

✱ التأثير على النسيج العضلي effects on muscle tissue:

تفيد SW في إحداث استرخاء عضلي، وبذلك يمكن أن تستعمل في علاج التشنج الناجم عن الالتهاب والإصابات الرضية وتخضير العضو للعلاجات الأخرى (التمارين).

ويمكن تلخيص استطبابات SW على النحو التالي:

١- إصابات الجهاز العظمي-العضلي musculo-skeletal system:

- التهاب المفصل الروماتزمي المزمن والتهاب المفصل العظمي.

- الوثي sparins

- الالتواء strains

- ورم دموي Haematoma
- تمزق الأوتار والعضلات muscle and tendon tears
- أذيات المحفظة المفصالية capsule lesions
- ٢- الحالات الالتهابية (حادة أو مزمنة):
- الدمامل boils
- الجمرة carbuncles
- التهاب الجيوب sinusitis
- الحالات الحوضية pelvic conditions
- التهابات جروح العمليات infected surgical incision
- ٢- مضادات الاستطباب contraindications:

* التريف Haemorrhage:

تحدث الحرارة توسع وعائي لذلك لا تطبق مباشرة بعد الإصابة أو النزوف الحديثة، أو البطن والحوض خلال فترة الحيض menstruation والأمراض التي يحتمل أن تؤدي إلى نزوف مثل القرحة المعدية والمعوية أو النلعور haemophilia

- التهاب الأوردة أو الخثرات الوريدية venous thrombosis or phlebitis

يجنب تطبيق SW على المنطقة التي يوجد فيها وريد مصاب، كذلك زيادة الجريان الدموي تؤدي لإزاحة الخثرة من مكانها أو يفاقم الالتهاب.

- أمراض الشرايين Arterial disease:

تجنب تطبيق SW على المناطق ذات التروية الضعيفة، ذلك لأن الدم يعمل على نقل الحرارة من المنطقة وفي حال عدم حدوث ذلك يمكن أن تحدث الحروق.

- الحمل pregnancy

لا تطبق SW على البطن والحوض خلال فترة الحمل.

* المعادن ضمن الأنسجة metal in the tissues:

تعمل المعادن على جذب الحقل الكهربائي وبالتالي ارتفاع حرارتها وحدوث الحروق.

* اضطرابات الحس disturbed skin sensation:

لا يطبق أي شكل من أشكال المعالجة الحرارية على المناطق المصابة باضطراب حسي.

* السرطان Tumours:

لا تطبق SW على المناطق المصابة بسرطان خبيث malignant لأن زيادة الاستقلاب الناتجة عن الترفع الحروري تؤدي لتسريع معدل نمو السرطان.

* العلاج الإشعاعي X-ray therapy:

تسلب أشعة إكس X-ray الحيوية من النسيج وتجعلها أكثر عرضة للضرر، لذلك لا تطبق SW على المنطقة المعرضة حديثاً لجرعة علاجية بالأشعة.

كذلك لا تطبق SW للأطفال الذين لم يتطور جهاز التنظيم الحراري لديهم، والمرضى الذين لا يستطيعون تقدير درجة الحرارة اللازمة أو الحرارة

المفرطة مثل المصابين بخلل عقلي أو فاقد الوعي أو الذين يمكن أن يفقدوا الوعي مثل المرضى المصابين بالصرع epileptics.

✱ وجود جهاز ناظم للقلب cardiacpacemakers

خامساً: مخاطر تطبيق الأمواج القصار:

: dangers of short wave diathermy

✱ الحروق burns:

يمكن حدوث الحروق وذلك للأسباب التالية:

- تركيز الحقل الكهربائي.
- استخدام شدة مرتفعة.
- حساسية الجلد المفرطة.
- ضعف التروية الدموية.
- ملامسة الأسلاك للجلد.

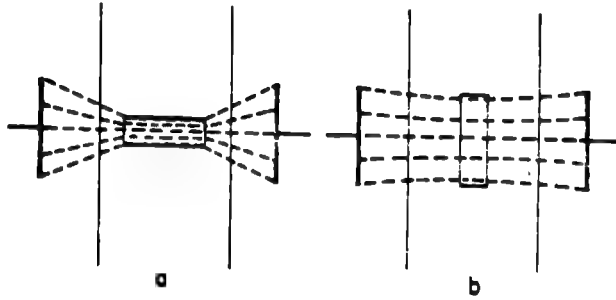
لذلك يجب توخي الحذر وإبلاغ المريض عن إمكانية حدوث مثل هذه الإصابة.

✱ تركيز الحقل الكهربائي concentration of electric field:

يؤدي تركيز الحقل الكهربائي في منطقة لارتفاع حرارتها بشكل كبير ويحدث بسبب:

- وجود منطقة صغيرة ضمن الحقل الكهربائي ذات ثابت عزل مرتفع، مثل وجود معادن أو بقعة رطبة.
- المسافة القليلة بين الأقطاب والنوائ العظمية في المنطقة المعالجة.

- وضع الأقطاب بشكل خاطئ بحيث يكون أحدهما قريب من الجلد.
- ويختلف تأثير الحقل الكهربائي على المعادن (الصفائح التي تستعمل لتثبيت الفقرات مثلا) بحسب وضعية هذا المعدن نسبة لخطوط الحقل الكهربائي، أي إذا كان المعدن بشكل مواز لخطوط الحقل يكون تركيز الحقل بشكل أكبر الشكل (١-٤٩a)، أما إذا كان المعدن بشكل عمودي مع الحقل يكون تركيز الحقل أقل وبالتالي تأثير الضرر أقل الشكل (١-٤٩b).



- الشكل (١-٤٩): يبين تأثير المعدن الموجود ضمن النسيج على توزيع خطوط الحقل الكهربائي.
- a- المعدن بشكل مواز لخطوط الحقل وترتفع أضرار الحقل الكهربائي ضمن المعدن.
- b- المعدن بشكل متعامد مع خطوط الحقل وبالتالي ترتفع أضرار المعدن.

× زيادة التيار excess current:

يبقى إحساس المريض المؤشر الرئيسي للشدة المطبقة ويمكن أن تحدث زيادة في شدة التيار إذا:

- لم يفهم المريض طبيعة الإحساس الذي ينبغي أن يشعر به.
- وجود خلل في المستقبلات الحسية الجلدية.
- إذا نام المريض خلال فترة العلاج.

لذلك يجب توخي الحذر بإعلام المريض بشعوره بإحساس دافئ خفيف ومريح وليس أكثر وإلا يمكن أن يحدث الحرق.

✱ فرط حساسية الجلد **Hypersensitive skin**:

إذا كان الجلد مفرط الحساسية نتيجة التعرض لأشعة X مثلاً X-ray أو تطبيق مراهم قبل العلاج فيمكن أن يحدث الضرر بالجرعة العادية من SW.

✱ ضعف التروية الدموية **impaired blood flow**

يعمل الدم على تبريد حرارة النسيج نتيجة الدوران وفي حال ضعف هذه الآلية نتيجة للضغط على الزوائد العظمية مثلاً يمكن أن يؤدي ذلك لحدوث الحروق.

✱ ملامسة الأسلاك للجلد **leads touching the skin**:

يمكن أن تحدث ملامسة الأسلاك للجلد الحروق.

✱ السفع (حرق بماء حار أو بخار) **scalds**:

ويحدث نتيجة الحرارة الرطبة، مثل علاج مناطق متعركة أو وضع بشاكير رطبة أثناء تطبيق الكبل، فإذا كانت المنطقة الرطبة صغيرة يحدث تركيز للحقل الكهربائي أما إذا كانت واسعة تؤدي لتأثير حراري زائد وحدوث الحرق.

✱ الجرعة الزائدة **overdose**:

تؤدي الجرعة الزائدة لزيادة الأعراض مثل الألم وحالات الالتهابات الحادة الموضعية، وبذلك يجب تخفيض الجرعة العلاجية.

✱ الصدمة الكهربائية electric shock :

تحدث في حال وجود تماس بين تيار مدخل الجهاز (تيار التشغيل) وجسم الجهاز.

✱ الشرار (الوميض) sparking :

يحدث نتيجة لمس أحد الأقطاب أثناء التشغيل أو ملامسة سلك التيار لجسم الجهاز، لذلك يجب تحذير المريض من لمس الأقطاب.

✱ الإغماء faintness :

يحدث نتيجة نقص الأكسجة في الدماغ بسبب انخفاض الضغط، وغالبا ما يشاهد بعد المعالجة أثناء نفوس المريض من وضعية الاستلقاء.

✱ الدوخة Giddiness :

يمكن أن يؤدي تطبيق أي تيار كهربائي على الرأس للدوخة بسبب تأثيره على القنوات الهلالية، لذلك يجب أن يكون المريض بوضع مدعوم أثناء علاج منطقة الرأس وإن أمكن وضع الرأس بشكل أفقي horizontal أو منتصب erect

✱ تضرر الجهاز damage to equipment :

يجب الانتباه لعدم تسليخ الأسلاك أو وجود خلل في الأقطاب وخاصة انكسار الأقطاب المرنة ضمن أغطيتها أو حدوث تشققات ضمن الأسلاك.

وأخيرا أصبح من الممكن إنتاج وسائل علاج حرارية عميقة جديدة مثل الأمواج فوق الصوتية والأمواج القصيرة جداً وإدخال تحسينات وتعديلات على طرق تطبيق الأمواج القصيرة للحصول على التأثير الحراري المرغوب والنتائج العلاجية الجيدة.

وتبقى كل وسيلة متفردة بخصائص وحالات معينة، لذلك ينبغي اختيار الوسيلة العلاجية المناسبة ويحدد ذلك طبيعة المنطقة المعالجة ونوع الإصابة والتأثير المطلوب.

إذ ليس الهدف الحصول على نتائج جيدة فقط، بل يجب أن يكون تطبيق الجهاز آمناً ويتحقق ذلك بالمعرفة الجيدة للفيزياء الحيوية biophysics والاستجابات الفيزيولوجية والتغيرات التي تطرأ عليها والاستطبابات ومضادات الاستطباب والمخاطر وطرق التطبيق الصحيحة، وبذلك يمكن الاستفادة من الجهاز بذكاء وأكثر فعالية وأماناً.

البحث الثاني

الأمواج فوق الصوتية

Ultra Sound

أولاً: المقدمة

ثانياً: إنتاج الأمواج فوق الصوتية والفيزياء الحيوية.

* المحول.

* خصائص الأمواج فوق الصوتية.

* الخواص الفيزيائية الحيوية.

* الاستجابة الحرارية.

* الاستجابة اللاحرارية.

ثالثاً: الاستخدامات الطبية.

* الالتهاب

* الألم وسرعة النقل العصبي

* الوزمة

* الدوران

* ترميم السنج

* قابلية تمدد النسيج الكولاجيني

* التشريد الدوائي

رابعاً: الاستطبابات

* مضادات الاستطباب

* المحاذير

خامساً: اختبارات فيما يتعلق بالطريقة والجرعة العلاجية.

* الأمواج المستمرة مقابل الأمواج المتقطعة.

- ✧ الشدة.
- ✧ دارة العمل.
- ✧ نسبة عدم تماثل حزمة الأمواج.
- ✧ مساحة المنطقة المعالجة وفترة العلاج.
- سادساً: طرق التطبيق.
- ✧ التماس المباشر.
- ✧ الغمر بالماء.
- ✧ حقائب مملوءة بالسائل.
- سابعاً: بروتوكولات العلاج.
- ✧ مساحة المنطقة المعالجة وفترة العلاج.
- ✧ الشدة المستخدمة في العلاج.
- ✧ تحديد جلسات العلاج.
- ✧ قصة سريرية.

أولاً- المقدمة: introduction

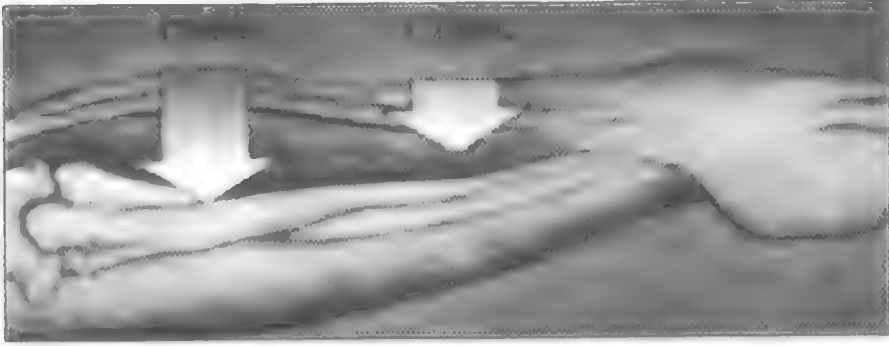
يعود الاستعمال الواسع للأمواج فوق الصوتية ultrasound للعدد الكبير من الحالات التي تستطب بها، وقلة مضادات الاستطباب والتأثيرات الجانبية، وسهولة تطبيقها إضافة للنجاحات التي حققتها على الصعيد الطبي .

وغالباً ما تستعمل الأمواج فوق الصوتية في العلاج الفيزيائي بسبب تأثيرها الحراري العميق ومقدرتها على تهدئة الألم، ولتحقيق الأهداف المرجوة من هذه الوسيلة، ينبغي الإحاطة بكافة المعلومات المتعلقة بها، لكي تحقق النتائج العلاجية على أفضل درجة، وفي هذا البحث سنتكلم عن الأمواج المستعملة في العلاج الفيزيائي دون التطرق إلى استعمالاتها في التشخيص الطبي كالإيكو أو علاج الحصيات.

تعد الأمواج فوق الصوتية شكلاً من أشكال الطاقة الصوتية acoustic energy، والصوت عبارة عن تغيرات آلية دورية لوسط مرن كالهواء، ويمكن سماع الصوت ضمن تردد من ٠-٢٠٠٠٠ هرتز، وعلى ذلك فالأمواج فوق الصوتية هي ما زاد ترددها عن ٢٠٠٠٠ هرتز ولا يمكن للأذن البشرية سماعها. والتردد frequency هو عدد المرات التي تتم فيها الجزيئات دورة كاملة خلال ثانية واحدة.

والترددات الأكثر شيوعاً في مجال العلاج الفيزيائي هي ١ مليون هرتز، ٣ مليون هرتز وتوجد ترددات أخرى مثل ٠,٨ مليون هرتز، ٣,٣ مليون هرتز.

وتفيد الترددات المرتفعة في علاج النسيج السطحية superficial tissues بينما تفيد الترددات المنخفضة في علاج النسيج العميقة deep tissues وستكلم عن ذلك بالتفصيل في الفقرات القادمة.



يشير السهمان إلى عمق الاختراق باستعمال ترددتين أميغا مرتز و ٣.٣ أميغا مرتز

ثانياً: إنتاج الأمواج فوق الصوتية والفيزياء الحيوية:

instrumentation and biophysics:

- x المحول.
- x خصائص الأمواج فوق الصوتية.
- x الخواص الفيزيائية الحيوية.
- x الاستجابة الحرارية.
- x الاستجابة اللاحرارية.

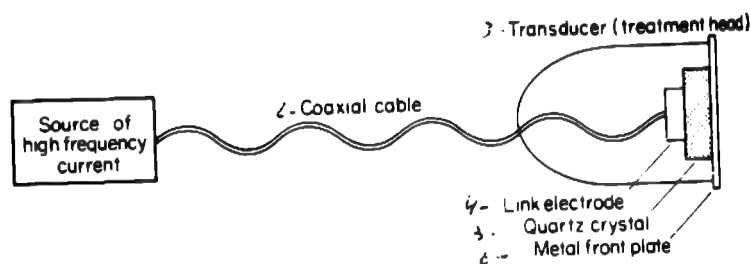
إن معرفة المعالج الفيزيائي كيفية إنتاج الأمواج فوق الصوتية، تمكنه من فهم خصائصها وتأثيراتها بسهولة، يتطلب جهاز US (الأمواج فوق الصوتية) تيار المنزل العادي ٢٢٠ فولط بتردد ٦٠ هرتز كمصدر للطاقة، يتم تحويل هذا التيار إلى US على النحو التالي.

١- محول كهربائي **trans former** موجود ضمن الجهاز يزيد من تواتر التيار إلى ٣٠٠ فولط.

٢- دائرة التذبذب **oscillating circuit** ضمن الجهاز ترفع التردد الوارد ٦٠ هرتز إلى التردد المطلوب (١ مليون هرتز مثلاً).

٣- يتم نقل التيار المعدل ضمن الجهاز عبر كبل محوري **coaxial cable** إلى الكريستال.

٤- يعمل الكريستال على تحويل هذا التيار إلى US.



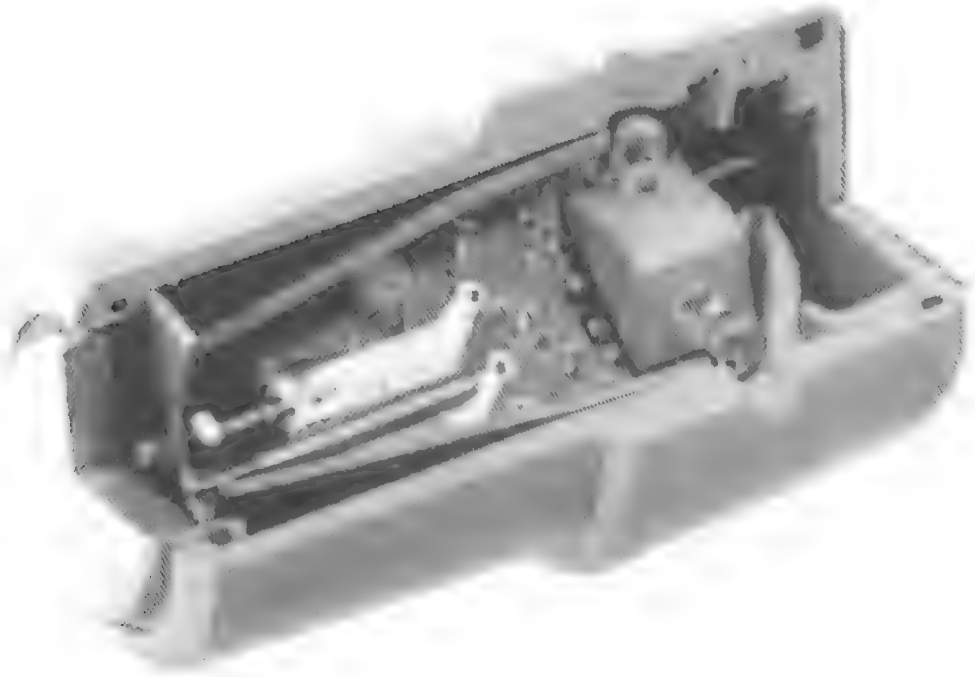
الشكل (٢-١): يبين رسم تمثيلي لجهاز US

١- مصدر التيار عالي التردد.

٢- كبل محوري.

٣- المحول (رأس العلاج).

٤- قطب مثبت على الكريستال ٥- بلورات الكوارتز ٦- الصفيحة المعدنية الأمامية.



× المحول transducer:

يتم إيصال US إلى جسم المريض عن طريق رأس الجهاز treatment head المكون من صفيحة معدنية سطحية مثبت عليها من الداخل طبقة من الكريستال، مصنوعة من مواد مختلفة تتمتع بخاصية الانضغاط الكهربائي، ومن هذه المواد:

- بلورات الكوارتز Quartz crystal وتعد الأفضل بسبب التأثير

الكهربي-الضغطي الطبيعي الذي تتصف به، لكنها غالية الثمن إضافة

إلى أنها تتطلب تيار ٢٠٠٠-٣٠٠٠ فولط

- بلورات السيراميك **ceramic crystal** المصنعة من تيتانات زركونات الرصاص **lead zirconate titanate** أو تيتانات الباريوم **barium titanate** وهي أكثر استعمالاً لسهولة الحصول عليها إضافة إلى أنها تتطلب تيار منخفض التوتر.

تعمل طبقة الكريستال هذه والتي تدعى المحول **transducer** على تحويل التيار الوارد من الجهاز إلى طاقة ميكانيكية وذلك بالتأثير الكهربى الضغطى المعاكس.

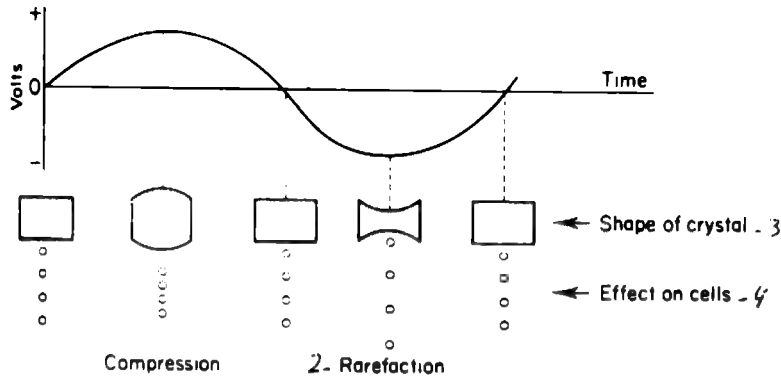
والتأثير الكهربى الضغطى **piezoelectric effect**: هو ظهور الشحنات الكهربائية على بلورات معينة بتطبيق ضغط ميكانيكى عليها.

والتأثير الكهربى الضغطى المعاكس **reverse piezoelectric effect** هو إنتاج طاقة ميكانيكية بواسطة دفع الشحنات الكهربائية عبر البلورات، والشكل (٢-٢) يوضح تأثير التيار الكهربائى على الكريستال.

لدى تطبيق تيار مستمر على البلورات يؤدي ذلك لتغيير شكلها ويكون هذا التغيير باتجاه مرور التيار، أي باتجاه واحد فقط.

أما عند تطبيق تيار متناوب كما فى الأجهزة، فإن شكل البلورات يتغير خلال الطور الأول ثم يتغير بالاتجاه المعاكس عند الطور الثانى.

ويؤدي الاهتزاز الميكانيكى لهذه البلورات لإنتاج موجات ضغط ميكانيكى تعرف بالأمواج فوق الصوتية.



الشكل (٢-٢): يبين تأثير طوري التيار المتناوب على الكريستال وكيفية تغيير شكلها وتأثير الضغط على الأنسجة.

١- الانضغاط.

٢- الخلقة.

٣- شكل الكريستال .

٤- التأثير على الخلايا.

* خصائص الأمواج فوق الصوتية characteristics of US:

تحدد قيمة التردد الصادر عن رأس الجهاز عن طريق دائرة التذبذب ضمن

الجهاز، وتمثل الصيغة التالية العلاقة بين التردد وسرعة الأمواج:

$$\text{السرعة} = \text{طول الموجة} \times \text{التردد}$$

وتبين الصيغة السابقة بالتناسب العكسي بين طول الموجة والتردد، وحالما

تصبح قيمة التردد ثابتة، تبدأ الأمواج بالانتشار ضمن الوسط عند هذه القيمة.

تتعلق سرعة الأمواج بالخصائص الفيزيائية للوسط الذي تنتقل فيه وتتغير بتغير كثافة النسيج، وتعد الأوساط الصلبة ناقلاً جيداً للأمواج فوق الصوتية، ولا يمكن أن تنتقل في الحلاء vacuum ويبين الجدول (٢-١) سرعة انتقال الأمواج في أوساط مختلفة والكثافة الكتلية وطول الموجة بتردد ١ ميغا هرتز و ٣ ميغا هرتز.

- الجدول (٢-١) -

الوسط	السرعة (م/ثا)	الكثافة الكتلية (كغ/م ^٣)	طول الموجة (مم) ١ ميغا هرتز	طول الموجة (مم) ٣ ميغا هرتز
الألمنيوم	٥١٠٠	^٣ ١٠×٢,٧	٥,١	١,٧
الدم	١٥٦٦	^٣ ١٠×١	١,٥٧	٠,٥٢
الأوعية الدموية	١٥٣٠	^٣ ١٠×١,١	١,٥٣	٠,٥١
النسيج العظمي	٣٤٤٥	^٣ ١٠×١,٨	٣,٤٤	١,١٤
الجلد	١٥١٩	-	١,٥١	٠,٥
الغضاريف	١٦٦٥	-	١,٧٥	٠,٥٨
الهواء في (٢٠°C)	٣٤٣	^٣ ١×٠,٠٠١٢	٠,٣٤	٠,١١
الأوتار	١٧٥٠	-	١,٧٥	٠,٥٨
النسيج العضلي	١٥٥٢	^٣ ١٠×١	١,٥٥	٠,٥٢
النسيج الشحمي	١٤٧٨	^٣ ١٠×٠,٩	١,٤٨	٠,٤٩
الماء في (20°C)	١٤٩٢	^٣ ١٠×١	١,٤٩	٠,٥

وتبين مما تقدم بأن الهواء ناقل ضعيف لـ US، وإن عدم التوافق بين الطاقة الصادرة عن الرأس وناقلية الهواء لها يؤدي لتضرر طبقة الكريستال، وبذلك ينبغي تجنب تشغيل الجهاز والرأس موجه للهواء، بل يجب استعمال وسيط ذو ناقلية جيدة.

تنتقل الأمواج ضمن النسيج الرخوة بطريقتين:

أ- الأمواج الطولية.

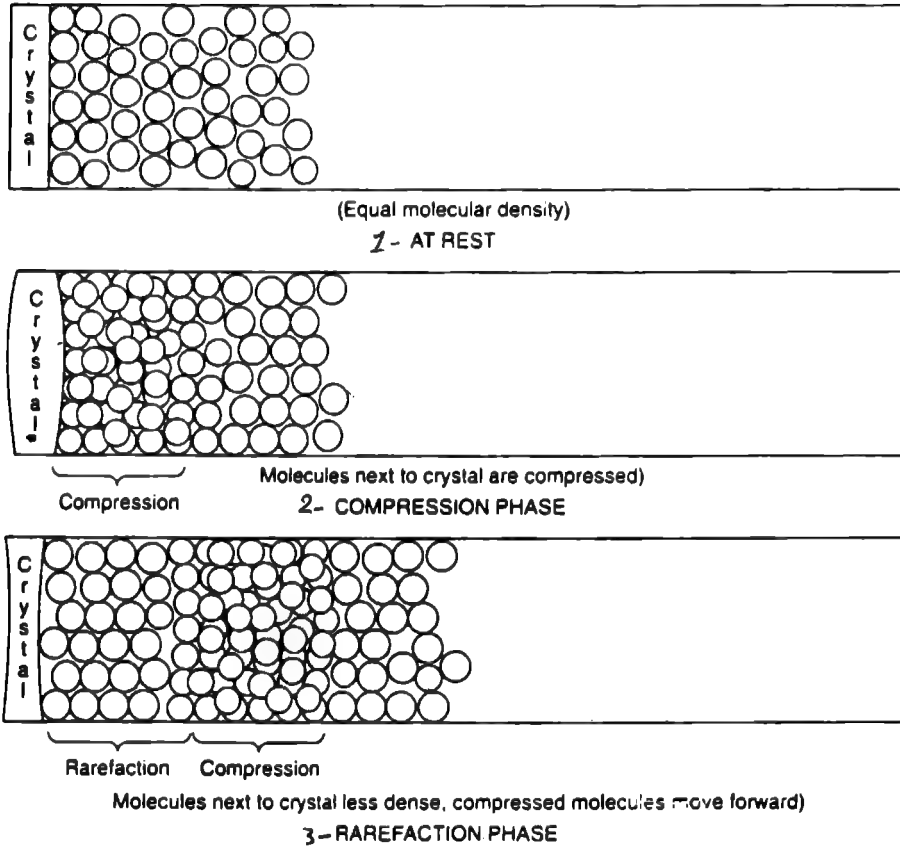
ب- الأمواج المعترضة.

أ- الأمواج الطولية longitudinal:

تغادر الأمواج رأس الجهاز بشكل مستقيم مؤدية لتحريك جزيئات الأنسجة بشكل مواز لبعضها وباتجاه انتشار الأمواج، ولإيضاح عمل الكريستال والتأثير الكهروضغطي نقدم المثال التالي: لنفترض وجود أسطوانة إحدى نهايتيها مغلقة وتحتوي على وسط سائل ونضع مكبس piston عند النهاية الثانية، بهذه الحالة يكون السائل متوازناً، نعمل على ضغط المكبس للأمام ويؤدي ذلك لانضغاط الجزيئات المتوضعة أمام المكبس باتجاه المكبس ويدعى هذا الطور بطور الانضغاط compression، بعد ذلك نعمل على إعادة المكبس إلى الحالة الأولى فتعود الجزيئات إلى ما كانت عليه، ويدعى هذا الطور بالخلخلة rarefaction، تكرر هذه العملية عدة مرات مما يؤدي لانضغاط الجزيئات وخلخلتها بشكل دوري، تستمر هذه العملية حتى نفاذ الطاقة.

يعمل الكريستال على تحريك الجزيئات بنفس عمل المكبس، وذلك بالحركة الدورية للأمام والخلف مليون مرة بالثانية، وبذلك تعمل الأمواج فوق الصوتية على ضغط وخلخلة جزيئات الأنسجة بنفس اتجاه US، تدعى هذه

الحركة بتموج الجزيئات المجهرية microstreaming of molecules الشكل (٢-٣). ويمكن إحداث هذا التموج لكن بشكل مرئي بوضع رأس الجهاز ضمن الماء وتوجيهه للأعلى وترفع الشدة تدريجياً مما يؤدي لازدياد الحركة التموجية للماء بازدياد الشدة.



الشكل (٢-٣): يبين طوري الضغط والخلخلة في الأمواج الطولية:

- ١- طور الراحة (تكون الجزيئات بشكل متوازن)
- ٢- طور الانضغاط (انضغاط الجزيئات القريبة من الحُرستال)
- ٣- طور الخلخلة (تراجع انضغاط الجزيئات القريبة من الحُرستال).

تشكل US بانتقالها ضمن الوسط ما يدعى بالحقل القريب والحقل البعيد.

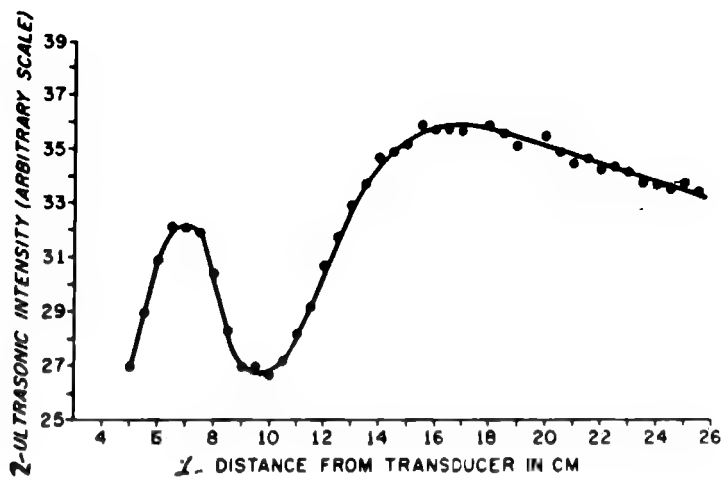
الحقل القريب near field: هو المنطقة الموجودة ضمن الأمواج والممتدة من سطح رأس الجهاز وحتى النقطة التي تكون الشدة فيها أعظم ما يمكن الشكل (٢-٤) وتوضع الشدة العظمى والشدة الصغرى في هذه المنطقة بشكل قريب من بعضهما.

يعتمد امتداد هذا الحقل على نصف قطر الكريستال وطول الموجة، ويمثل بالعلاقة التالية: عمق الحقل القريب = (نصف قطر الكريستال r)^٢ الشكل (٢-٥) طول الموجة λ

تزداد زاوية انحراف الأمواج بصغر قطر الكريستال، الشكل (٢-٥ ب) وبما أن التردد وطول الموجة متناسبان عكساً، يختلف عمق الحقل القريب باختلاف التردد، ويصل عمق الحقل القريب إلى ١٠ سم باستعمال رأس علاج ٥ سم^٢ و ٢ سم باستعمال رأس علاج ١ سم^٢ بتردد ١ ميغا هرتز.

والمنحني البياني في الشكل (٢-٦) يبين المسافة بين الرأس المعالج وتوضع نقطة الشدة العظمى لدى استخدام تردد ٨,٠ مليون هرتز و ١ مليون هرتز باستعمال أقطار مختلفة.

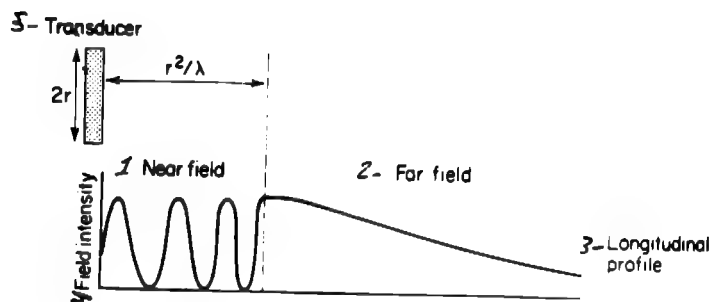
الحقل البعيد far field: هو المنطقة الموجودة بعد نقطة الشدة العظمى، حيث تكون الشدة متماثلة في الحقل الشكل (٢-٤). ويعد الحقل القريب أكثر فعالية في علاج بعض الحالات من الحقل البعيد.



الشكل (٢-٤):

١- بعد المسافة عن الكريستال.

٢- الشدة.



الشكل (٢-١٥):

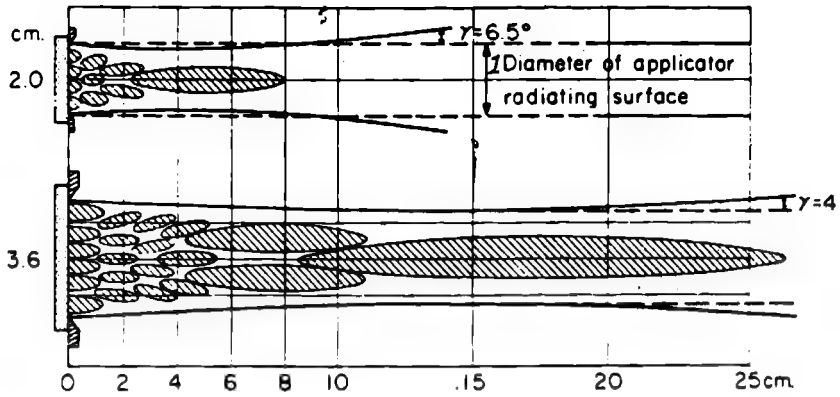
١- الحقل القريب.

٢- الحقل البعيد.

٣- مظهر جانبي للأمواج الطولية.

٤- شدة الحقل.

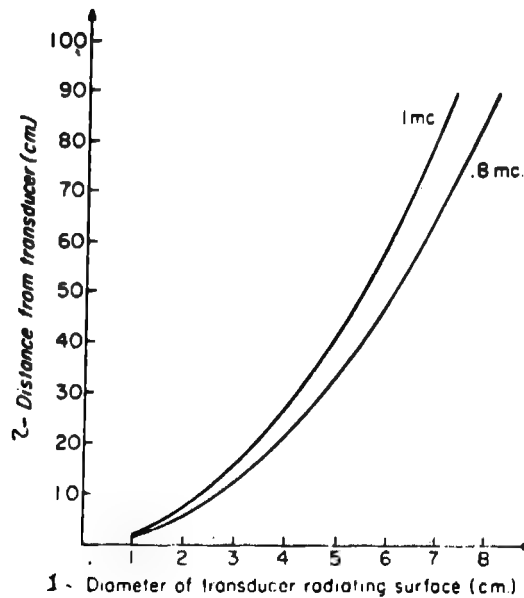
٥- المحول (الكريستال).



الشكل (٢-٥ب): يبين التمثيل التخطيطي لحزمة الأمواج

γ تمثل زاوية انحراف الحزمة beam

تبين المناطق المظلة الشدة المرتفعة ١- قطر الكريستال



الشكل (٢-٦): يمثل الحقل القريب باستعمال رؤوس علاج مختلفة

الأقطاب وترددتين مختلفتين: ١- قطر الكريستال. ٢- البعد عن الكريستال.

ب- الأمواج المعترضة transverse wave:

وهي ناجمة عن القوى الاحتكاكية frictional forces للجزيئات المتدافعة مع بعضها، وتسبب هذه الأمواج تذبذب الجزيئات بشكل متعامد مع اتجاه انتقال الأمواج فوق الصوتية، وتحدث فقط في الأجسام الصلبة التي تسمح بنقل هذه الأمواج، بينما لا تكون الأوساط السائلة قادرة على نقلها، فالجليد مثلاً يمكن أن ينقلها بينما لا يستطيع الماء ذلك.

وتعمل هذه الأمواج وظيفياً على تسخين العظم وخصوصاً عند توجيه الأمواج للعظم بزاوية إسقاط مائلة.

* الخواص الفيزيائية الحيوية Biophysical

:characteristics

تمتع US ببعض خصائص الطاقة الإشعاعية، فهي يمكن أن تنتقل، تمتص، تنعكس، تنكسر وتحدد كل من هذه الخصائص نوعية النسيج ودرجة زاوية إسقاط الأمواج فوق الصوتية.

- الناقلية transmissiveness:

تنتقل US بشكل جيد عبر الأوساط المتجانسة وتزداد هذه الناقلية بازدياد صلابة الوسط مثل الفولاذ steel، بينما تخف بنقصان كثافة وتجانس الوسط، الماء water.

يتناسب اختراق الأمواج للوسط طردياً مع الناقلية، أي كلما زادت ناقلية الوسط كان عمق الاختراق أكبر، وعمق الاختراق الفعال في أجهزة العلاج الفيزيائي يتراوح بين (٣-٥ سم) ويتناسب الاختراق عكساً مع التردد، أي أنه كلما زاد التردد كلما كان عمق الاختراق أقل، الجدول (٢-٢) ويفسر ذلك على النحو التالي:

الجدول (٢-٢): عمق الاختراق لأوساط مختلفة

الوسط	١ ميغا هرتز	٣ ميغا هرتز
النسيج العظمي	٧ مم	-
الجلد	٣٧ مم	١٢ مم
الغضاريف	٢٠ مم	٧ مم
الهواء	٨ مم	٣ مم
النسيج الوتري	٢١ مم	٧ مم
النسيج العضلي	٣٠ مم	١٠ مم
النسيج الشحمي	١٦٥ مم	٥٥ مم
الماء	٣٨٣٣٠ مم	١٢٧٧٠ مم

عندما يزداد التردد، يزداد ضعف attenuation الأمواج وبذلك تقل الطاقة اللازمة للاختراق، ويحدث الضعف نتيجة الامتصاص absorption والاستطارة scattering التي تصيب الأمواج عند اختراقها للوسط، ويبين الجدول (٢-٣) نسبة الامتصاص لأوساط مختلفة.



ملاحظة: ينصح بارتداء المعالج الكفوف الجراحية عند المعالجة تحت الماء

- الجدول (٣-٢) -

الوسط	١ ميغا هرتز	٣ ميغا هرتز
الدم	٠,٠٢٨	٠,٠٨٤
الأوعية الدموية	٠,٤	١,٢
النسيج العظمي	٣,٢٢	-
الجلد	٠,٦٢	١,٨٦
الغضاريف	١,١٦	٣,٤٨
الهواء (٢٠ C)	٢,٧٦	٨,٢٨
النسيج الوتري	١,١٢	٣,٣٦
النسيج العضلي	٠,٧٦	٢,٢٨
النسيج الشحمي	٠,١٤	٠,٤٢
الماء (٢٠ C)	٠,٠٠٠٦	٠,٠٠١٨
النسيج العصبي	٠,٢	٠,٦

الاستطارة scattering هي إنتاج أمواج كروية spherical waves عند تعريض سطح عاكس بالغ الصغر للأمواج بحيث يكون طول الموجة أكبر من هذا السطح، وهذه الأمواج تطلق US المنعكسة في جميع الاتجاهات.

وتعد نواة الخلية، الأوعية الدموية الشعرية مثالا على السطوح المؤدية لإنتاج الأمواج الكروية وتحدث الاستطارة في جميع النسيج الحية بسبب عدم التجانس للتراكيب الخلوية المختلفة، وتختلف درجة ضعف الأوساط، فيمكن لوسطين أن يمتلكا نفس درجة الضعف وبالمقابل يمتلكان درجة امتصاص واستطارة مختلفة.

وللتردد اعتبار كبير في العلاج، فقد سجل كل من karselis و Griffin عمق اختراق قدره ٥ سم باستعمال تردد ١ ميغا هرتز و ١٠ سم بتردد ٩٠ كيلو هرتز أي تردد أقل والأجهزة التجارية المتوفرة والتي تحوي تردد ١ ميغا هرتز تسمح بعمق اختراق مناسب دون حدوث أخطار جانبية كزيادة عمق الاختراق أو تشكل فقاعات من الغاز ضمن الأنسجة والذي يدعى التجوف cavitation الناجم عن التردد المنخفض والذي ستكلم عنه لاحقاً.

- الامتصاص absorption:

كما تقدم في الفقرة السابقة، يتناسب الامتصاص عكساً مع الاختراق، أي بازدياد درجة امتصاص الوسط للأمواج، تنقص الطاقة اللازمة للاختراق هذا الوسط، وأجريت دراسات عديدة بينت درجة امتصاص الأوساط المختلفة في الجسم، ومن هذه الدراسات التي أجراها Pierso على نسيج مختلفة، فتبين أن النسيج المحتوية على كمية بروتين مرتفعة تملك درجة امتصاص أكبر.

كما أجرى Wells دراسة أخرى تبين منها أن النسيج المحتوية على الكولاجين بنسبة مرتفعة تملك درجة امتصاص أكبر، وكلا المؤلفين وضعاً قائمة لأنواع مختلفة من النسيج تبين درجة امتصاصها، وقد بدأت بدرجة الامتصاص الأعلى:

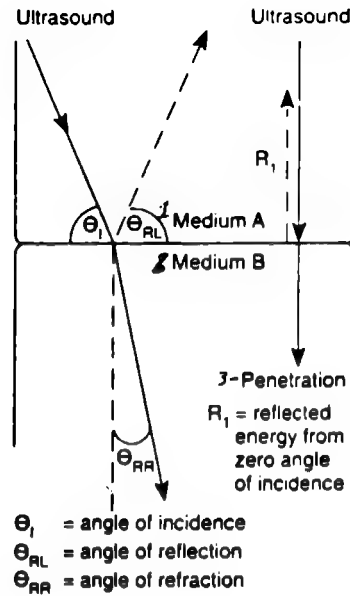
((العظم - الأعصاب المحيطية - العضلات الهيكلية - الدسم - الدم - الماء)).

كما أضاف كل من Frizzell و Dunn الغضاريف والأوتار للقائمة، حيث وضعها بين العظم والعضلات الهيكلية.

والأهمية السريرية لهذه المعلومات أن الأمواج تنتقل بشكل جيد ضمن الماء والدسم بدرجة امتصاص منخفضة، وبالتالي تسمح بعمق احتراق أكبر، وعدم حدوث التأثير الحراري والذي سنتكلم عنه لاحقاً.

- الانعكاس والانكسار Reflection and refraction:

يحدث الانعكاس والانكسار عندما تنتقل الأمواج بين وسطين مختلفي الكثافة، وتكون زاوية الانعكاس angle of reflection مساوية لزاوية الإسقاط angle of incidence فإذا كانت زاوية الإسقاط 60° من اليمين كانت زاوية الانعكاس 60° من اليسار، أما إذا كانت زاوية الإسقاط عمودية على السطح فيكون الانعكاس باتجاه رأس العلاج مباشرة كما في الشكل (٢-٧)، وإذا ثبت الرأس بهذه الوضعية فإن الأمواج تنتقل وتنعكس بشكل دوري من وإلى الرأس وبالتالي تكون أمواج مستمرة standing wave وهي منطوية على مخاطر للنسج الحية بسبب التركيز المرتفع للأمواج.



الشكل (٢-٧): يبين انعكاس وانكسار الأمواج ضمن وسطين مختلفين

١- وسط A

٢- وسط B

٣- الاختراق.

R1 انعكاس الطاقة من الزاوية 0 للإسقاط

θ_1 زاوية الإسقاط

R1 θ زاوية الانعكاس

RR θ زاوية الانكسار

أما الانكسار refraction هو انحراف أمواج الطاقة ويتعلق بالتغيرات الحاصلة في سرعة طول الموجة عندما تنتقل بين وسطين مختلفين.

تتناقص سرعة وطول الموجة عندما تنتقل من وسط مرتفع الكثافة إلى وسط منخفض الكثافة، وتصبح زاوية الانكسار أصغر من زاوية الإسقاط الشكل (٧-٢).

يحدث الانعكاس، الانكسار والضعف للأمواج فوق الصوتية في الجسم بشكل كبير ضمن السطوح البينية للنسج tissue interface أي المسافة الكائنة بين نسيجين مختلفين وهي:

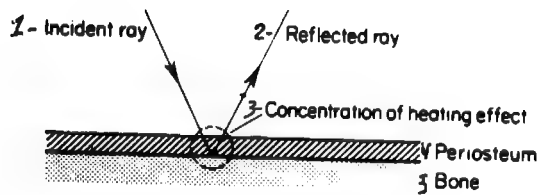
- النسيج الشحمي إلى العضلات

- العضلة إلى الصفاق

- الأوتار إلى السمحاق

- الأربطة إلى السمحاق

كما في الشكل (٨-٢)



الشكل (٨-٢):

١- الأمواج الساقطة.

٢- الأمواج المنعكسة.

٣- تركيز التأثير الحراري.

٤- السمحاق.

٥- العظم.

وتعتمد نسبة الانعكاس والانكسار على المعاوقة الصوتية $acoustic impedance$ لكل وجه من وجوه السطح البيئي وهي حاصل ضرب كثافة المادة بسرعة الأمواج عبرها:

$$\text{المعاوقة الصوتية} = \text{الكثافة} \times \text{السرعة}.$$

* الاستجابة الحرارية thermal responses:

تستعمل US بشكل رئيسي بسبب تأثيرها الحراري ويجب أن تَمْتَصَّ الأمواج من قبل النسيج حتى تحدث هذه الاستجابة، ويتم هذا باستعمال تردد مرتفع.

تنتشر الأمواج إلى النسيج المجاورة بواسطة الانعكاس، الانكسار والانتقال ويجب عدم الخلط بين هذه الحوادث وإنتاج الحرارة، وعند تشكل الأمواج المستمرة نتيجة الانعكاس (الإسقاط المتتالي للأمواج، تزداد الاستجابة الحرارية بسبب زيادة تركيز الطاقة) ولا يؤدي الانعكاس لإنتاج أمواج مستمرة دائماً.

ويمكن القول بأن الاستجابة الحرارية تزداد بازدياد نسبة امتصاص النسيج لهذه الطاقة، ويعد الشحم fat وسط متجانس ينقل US بشكل جيد وبدرجة امتصاص منخفضة ودون حدوث تأثير حراري هام وبالتالي تفضيلها على استعمال الأمواج القصار عند رفع حرارة النسيج العميقة وليس من الضروري أن كل وسط يمتلك درجة امتصاص مرتفعة ينبغي أن ترتفع حرارته بشكل أكبر، إذا ينبغي توفر عوامل عدة لرفع كامل درجة حرارة النسيج total tissue temperature rise (TTR) وهي:

- معدل الشدة المطبقة وفترة التطبيق
- الناقلية الحرارية
- معدل الجريان الدموي ضمن النسيج.
- معدل الشدة المطبقة وفترة التطبيق:

ويتم التحكم بها بواسطة مفتاح الشدة وشكل الأمواج المستعملة (مستمر-متقطع)، فإذا كانت الشدة منخفضة فلن تتوفر طاقة كافية لإحداث (TTR) هام، أما إذا كانت مرتفعة بشكل كبير يؤدي لارتفاع حراري موضع بشكل مفاجئ وحدوث الألم لعدم توفر الوقت الكافي لانتقال الطاقة للنسج المجاورة.

ولإحداث ارتفاع حراري جيد في النسج العميقة المتوضعة حول العظم يجب أن يكون مستوى الطاقة:

١- منخفض بشكل كافٍ لإحداث ارتفاع في درجة حرارة العظم دون الوصول لعتبة الألم.

٢- مرتفع بشكل كافٍ من أجل الاختراق.

٣- تطبق لفترة زمنية كافية لانتشار الحرارة إلى النسج المجاورة.

وفي حال حدوث ألم ينبغي سحب US قبل حدوث TTR في النسج المجاورة.

- الناقلية الحرارية:

يملك العظم ناقلية حرارية ودرجة امتصاص أكبر من النسج المجاورة، وبالتالي ترتفع حرارته بنسبة قليلة وذلك لانتقال الحرارة إلى المناطق المجاورة غير المعرضة للأمواج إضافة إلى أن ٢٠-٣٠% من الأمواج الساقطة على العظم تنعكس على النسج المتوضعة حوله، وبالتالي تسمح هذه الأمواج برفع حرارة النسج المجاورة.

- معدل الجريان في النسيج:

عند تعريض نسيج له تروية ضعيفة للحرارة فلن يستطيع هذا النسيج نقل الحرارة إلى المناطق المجاورة كما لو كانت التروية جيدة، وبالتالي يصبح خطر الأذية الحرارية أكبر.

مثلاً: يكون خطر الأذية الحرارية أقل بكثير عند تعريض بطن العضلة ذي التروية الجيدة، من تعريض الأوتار ذات التروية الضعيفة، وبالتالي مراعاة حالة التروية الدموية لدى استعمال العلاج الحراري.

* الاستجابة اللاحرارية nonthermal responses:

تدعى التأثيرات اللاحرارية للأمواج فوق الصوتية أحياناً بالتأثيرات الميكانيكية mechanical effects وهي:

- المساج المجهرى.
- إحداث تقبض أو توسع شرياني.
- زيادة قابلية النفوذية الغشائية.
- التحوف.

• المساج المجهرى micro massage:

يشير تعبير المساج المجهرى لحركة أو تذبذب سوائل الجسم وأنسجته نتيجة التعرض للأمواج، وقد استخدم هذا التعبير عام ١٩٤٢ لوصف عمل US ومن المحتمل أن تكون التأثيرات الميكانيكية ناجمة عن الحركة المجهرية لأنسجة الجسم.

• إحداث تقبض أو توسع شرياني Arteriolar

:vasoconstriction or dilation

ما زالت آلية إحداث التقبض والتوسع الشرياني الناجمة عن التأثير الميكانيكي غير واضحة. استعمل Hagen et al وزملائه طريقة الأمواج المتقطعة بالطريقة الثابتة وبشدة فوق المستوى العلاجي (٥-١٠ واط/سم^٢) لإظهار التقبض الشرياني في العضلة المشمرة لدى الفأر، ثم استعمل الطريقة نفسها ولكن بشدة ضمن المدى العلاجي لإظهار التوسع الشرياني وزيادة فتح الأوعية الشعرية في العضلة المصابة بإقفار مزمن، وقد تم الحصول على هذه النتائج بغياب الاستجابة الحرارية، وما زالت الآلية لرد الفعل هذا غير واضحة.

واعتمادا على هذه النتائج يمكن استعمال التأثير الميكانيكي للأمواج بشدة ضمن المدى العلاجي، كما يحتاج ذلك لمزيد من الأبحاث قبل التوصل لأي نتيجة نهائية.

• زيادة قابلية النفوذية الغشائية increased membrane

:permeability

وجد من خلال الدراسات والأبحاث أن US تحدث تغيير في معدل الانتشار diffusion وقابلية النفوذية الغشائية، حيث تسبب US تأثير ناشط للسوائل قرب الغشاء الحيوي، وذلك من خلال إثارة الشوارد والتي تسبب زيادة التركيز الشاردي قرب الغشاء وبذلك تسرع معدل الانتشار وقد أثبت Loat و Darling أن زيادة النفوذية الغشائية للكريات الحمر للبوتاسيوم تحدث بالتأثير الميكانيكي بشكل أفضل من التأثير الحراري، ويدعم هذا أيضا التأثير الميكانيكي لـ US في ناقلية الغشاء.

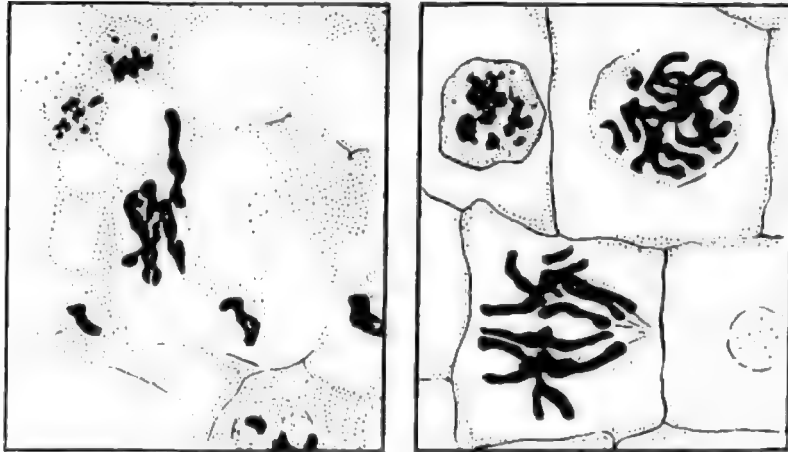
• التجوف cavitation:

يشير التجوف إلى تشكل وانحماص تجاويف مملوءة بالغاز أو البخار في السوائل، وهو الأكثر شيوعاً للاستجابة للاحترارية، ويحدث عندما تتعرض أجواف صغيرة (فقاعات) من الغاز ضمن الجهاز الحيوي لدورات الضغط والخلخلة للأمواج.

وعندما تكون الفقاعة بحجم مستقر تبدأ بالتذبذب ضمن حقل الأمواج وتعتبر جوف مستقر وهذه المرحلة غير مخربة، ومع التعريض الزائد للأمواج، يمكن أن يحدث التموج المجهرى زيادة في الضغط الخلوي والتأذي النسيجي وعندما تصبح الفقاعة بحجم أكبر يصبح غشاء النسيج رقيقاً وأكثر هشاشة الشكل (٢-٩) تؤدي الموجات الضاغطة لانحماص الجوف وحدث التجويف العابر transient cavitation، الذي يؤدي لتخرب خلوي بقعي الشكل (٢-٩أ) وحدث التأذي النسيجي، وتم الحصول على هذه النتائج أثناء الدراسات المخبرية ولم تحدث ضمن النسيج السليمة وتكون نسبة حدوثها أكبر باستخدام ترددات منخفضة مثل ١٠ كيلو هرتز ويمكن حدوثه ضمن المخبر باستخدام شدة ١، ٠-١ واط/سم^٢ بتردد ١ ميغا هرتز، وإحداث النتائج نفسها ضمن النسيج السليمة يتطلب ذلك شدة ١٠٠ واط/سم^٢، وقد أشارت معظم الدراسات بأن التجويف العابر لا يحدث ضمن الجسم باستعمال تردد ١ ميغا هرتز وشدة أقل من ٣ واط/سم^٢ كما أقر Williams بأن التجويف العابر لم يثبت بشكل مقنع ضمن النسيج السليمة باستخدام الشدات والترددات العلاجية وحذر من إمكانية حدوث التجوف المستقر ضمن المدى العلاجي وتوجد عوامل أخرى غير الأمواج مثل التمارين والتقلصات الناجمة عن التنبيه الكهربائي تزيد من تشكل الفقاعات الغازية، كما أضاف بأن تطبيق الأمواج مع التنبيه الكهربائي منطوق على مخاطر

بشكل أكبر من استعمال كل علاج على حدى، وهناك الحاجة للمزيد من الأبحاث للتأكيد بأفضلية العلاج المشترك لتبرير استخدامه بدلاً من المعالجة المفردة.

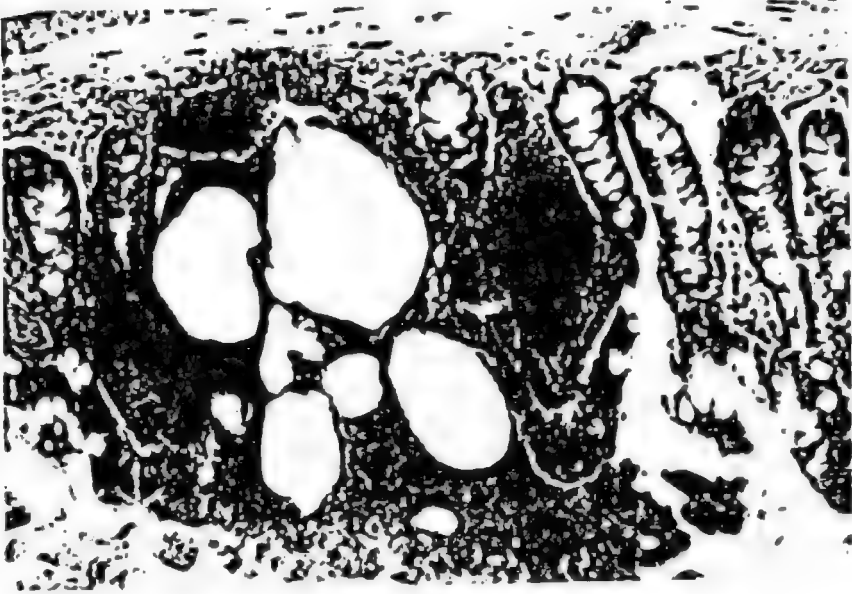
ويمكن الحد من التأثير الضار للتخوف على النسيج باستعمال شدة أقل من ٤ واط/سم^٢ واستعمال الطريقة النبضية للأمواج وتحريك رأس الجهاز أثناء العلاج مع الضغط.



النسيج المتأذي

النسيج السليم

الشكل (٢-١٩)



الشكل (٢-٩ب): يبين تأذي الغشاء المخاطي في الأمعاء وحدوث النزوف وتشكل الفقاعات الغازية.

ثالثاً: الاستخدامات الطبية: clinical uses

- × التهاب.
- × الألم وسرعة النقل العصبي.
- × الوذمة.
- × الدوران.
- × ترميم النسيج.
- × قابلية تمدد نسيج الكولاجين.
- × التثريد الدوائي.

x التهاب Inflammation:

عندما يصاب النسيج بأذية، سواء أكانت ناجمة عن جراثيم أو نتح أو عن تحريش كيميائي أو حراري أو أي شيء آخر، تتحرر من هذا النسيج مواد متعددة تحدث تغيرات ثانوية هامة في النسيج نفسه، ويدعى مجموع هذه التغيرات النسيجية بالالتهاب، وهي الخطوة الأولى التي يقوم بها الجسم لإصلاح نفسه، وتبدأ بعزل المنطقة المتأذية عن النسيج الباقية، حيث تغلق الأفضية النسيجية والأوعية اللمفية في المنطقة الملتهبة بوساطة تكتل الفريبنوجين، لذا فإن السوائل لاتمر إلا بصعوبة بالغة، وهذا ما يجعل عملية العزل أداة تأخير لانتشار الجراثيم والنواتج السامة.

ثم يبدأ الجسم بعدها بتوضع نسيج الكولاجين لتقوية المنطقة الضعيفة وفي حال تفاقم الحالة الالتهابية وزيادة التوذم يحصل التأذي النسيجي وحدوث التندب كنتيجة للحالة غير المسيطر عليها ويدعى النسيج الكولاجيني بالنسيج البدي scar tissue الذي يتوضع بطريقة تضعف وظيفة النسيج الطبيعية، وتصبح الحالة مزمنة.

تستخدم US بتأثيرها المزدوج الحراري والميكانيكي لمعالجة الحالات الناجمة عن تأثير الالتهاب على النسيج، مما تمنع تطور الحالة إلى الإزمان وفي الحالة الالتهابية الحادة لا تنطبق US بشدة مرتفعة تؤدي لزيادة في ارتفاع حرارة النسيج المصاب، بل يمكن استعمال شدة منخفضة أو استعمال الشكل النبضي حيث يساعد المساج المجهري وزيادة النفوذية الوعائية على ارتشاف السوائل إلى الأفضية الخلالية.

* الألم وسرعة النقل العصبي pain and nerve

:conduction velocities

ما زالت فكرة الألم محيرة وقد وضعت تعاريف مختلفة من قبل المؤلفين للألم منها:

الألم إحساس غير سار يشير لوجود أذية بالجسم أو ينتج عن حالة عصبية أو نفسية وعلى الرغم من أهمية إزالة الألم بالنسبة للمريض فهذا لا يعني أنه بزواله قد تم الشفاء لأن الألم ربما يكون كامناً لفترة مؤقتة.

وأجريت دراسات عدة للبحث في فاعلية US في إزالة الألم في حالات الالتهاب الكيسي، التهاب الأوتار، التهاب العظمي، وحالات عضلية هيكلية أخرى.

بالإضافة للأخذ بعين الاعتبار التأثير المباشر لـ US على النسيج المتأذي، فينبغي معرفة آلية تأثير US على الأعصاب وكيفية إزالة الألم.

تترافق إزالة الألم غالباً مع ازدياد درجة الحرارة، وقد تبين أن الـ US تؤدي لارتفاع في عتبة الألم pin thresholds لدى الأشخاص المعرضين لارتفاع درجة حرارة مماثلة بوساطة وسائل أخرى.

وقد جمل Szmski تأثير US على النسيج العصبي على النحو التالي:

١- رفع حرارة الأعصاب المحيطة بشكل اختياري.

٢- حصر نقل السيالة العصبية.

٣- زيادة قابلية النفوذ الغشائية.

٤- زيادة عملية الاستقلاب النسيجي.

وقد أشار إلى أنه أياً من هذه الآليات يحدث كنتيجة لارتفاع الحرارة ومن الممكن أن يؤثر في إزالة الألم.

يتم نقل الألم بوساطة ألياف عصبية لانخاعينية من النمط C (سرعته ٥,٥-٢ م/ثا) وهي ذات قطر صغير وقد أثبت Anderson أن نموذج الألياف C و B أكثر حساسية لـ US من النمط A ذات الناقلية السريعة.

وربما يعود تأثير US في إزالة الألم لهذه الميزة المؤدية لانقاص نقل السوائل الألية.

وعلى ضوء الدراسات التي أجريت حول تأثير US على سرعة النقل العصبي اقترح بعض الباحثين وجود علاقة بين الألم وسرعة النقل العصبي، وهذه العلاقة من الممكن تعليلها بالتأثير الحراري فقط لـ US.

بعض الدراسات على سرعة النقل العصبي للأعصاب الحركية Motor nerve conduction velocities (MNCV) أظهرت زيادة في MNCV عند تطبيق شدة معينة ونقصان في MNCV عند تطبيق شدة أخرى.

فلم يجد Zankel عند تطبيق شدة ١ واط/سم^٢ لمدة ٥ دقائق تناقصاً هاماً في MNCV للعصب الزندي لحركة عطف الساعد، بينما وجد نقصاناً هاماً عند تطبيق شدة ١ واط/سم^٢ لمدة ١٠ دقائق أو تطبيق شدة ٢ واط/سم^٢ لمدة ٥ دقائق.

ووجد Farmer نقصان في MNCV عندما تكون الشدة من (١-٢ واط/سم^٢) بينما تزداد عند تطبيق شدة ٣ واط/سم^٢ للعصب الزندي.

هذه النتائج لا يمكن أن تعلق لكنها تشير لوجود تأثير غير حراري فقط.

إن الدراسات المجراة على الأعصاب الحسية أكثر دعماً للعلاقة الموجودة بين زيادة درجة الحرارة وزيادة سرعة النقل العصبي الحسي sensory nerve conduction velocity (SNCV) والتي دعمت بعدة دراسات أجريت على SNCV.

فطبق Currier شدة ١,٥ واط/سم^٢ لمدة ٥ دقائق على الفرع الوحشي الجلدي للعصب الكعبري لخمسة أشخاص فوجد زيادة في سرعة النقل العصبي الحسي بازدياد الحرارة تحت الجلد.

وبشكل مماثل موجد Halle زيادة في SNCV للعصب الكعبري السطحي عند ازدياد الحرارة تحت الجلد.

وحاول Consention إيضاح النتائج السابقة بتطبيق US على الألياف الحسية للعصب المتوسط مستخدماً شدة (١,٥، ١، ١,٥ واط/سم^٢) لكنه لم يتمكن من إيجاد أي اختلاف بين المجموعة الشاهدة والمجموعة المختبرة.

والدراسات المقدمة هنا تدل على وجود تغير في سرعة النقل العصبي سواء بالتأثير الحراري أو الميكانيكي وبالتالي إنقاص حدة الألم.

✱ الوذمة Edema:

تعالج وذمة التهاب تحت الحلدة subcut inflammatory edema بالعلاج الفيزيائي بالطرق التالية:

الضغط compression، المساج، الثلج، التنبيه الكهربائي، الحرارة والأمواج فوق الصوتية بتأثيرها الحراري والميكانيكي.

وقد سجل كل من chattergce و Middlemast باستعمال US تراجع أفضل في التورم والمضض والألم في أذيات النسيج الرخوة من استعمال وسائل حرارية أخرى مثل الأمواج القصار-الأشعة تحت الحمراء-البارافين.

✱ الدوران circulation:

تستعمل US لزيادة الدوران الموضعي إما بالتأثير المباشر أو عن طريق المنعكس الوعائي، وقد بين كل من Duff و Bickford في عام ١٩٥٣ حدوث زيادة في الجريان الدموي بعد تطبيق US بشدة كافية لرفع درجة حرارة النسيج.

كما أثبت Abramson وزملائه زيادة في الجريان الدموي لمدة ٢٦ دقيقة بعد الانتهاء من المعالجة ولم يثبت lata فقط زيادة الجريان الدموي بازدياد درجة الحرارة بل حدوث منعكس توسع وعائي بعد تطبيق US.

✱ ترميم النسيج tissue healing:

لقد وجد أن US تزيد عملية ترميم النسيج في كل من الرضوض المتوضعة تحت الجلد والجروح المفتوحة، حيث اكتشف stratton وزملائه زيادة في عدد الخلايا المرممة للنسيج (اللمفاويات-البلمعيات- الخلايا الليفية- الخلايا الظهارية- أرومة العضل) عند تعريض فخذ فأر للأمواج، وكذلك زيادة الكولاجين اللازم لتقوية النسيج، وقد وجدت هذه الزيادة في المجموعة المطبق عليها US بالشكل المستمر وبشدة ١,٥ واط/سم^٢ بينما لم تظهر الشدة المنخفضة والأمواج النبضية أية فعالية.

واستعمل Dyson و Young شدة منخفضة ٠,١ واط/سم^٢ بتردد ٠,٧٥ ميغا هرتز وتردد ٣ ميغا هرتز لزيادة استجابة البلعيمات في المخبر، واستعمل أيضاً شدة ٠,٥ واط/سم^٢ بنفس الترددين السابقين لزيادة النسيج الحبيبي والخلايا الليفية، وبعد ٥ أيام من التجربة كانت النتيجة ظهور ثخانة كاملة في أنسجة جلد الفأر، واقترحا بأن US تفيد في تسريع العملية الالتهابية ومرحلة التكاثر المبكر في عملية الترميم، ودراستهما يمكن أن تدعم استعمال شِدات أعلى لتطوير عملية الترميم بعد المرحلة الحادة.

ولم تؤيد جميع الدراسات عملية الترميم كنتيجة للعلاج بـ US، فلم يجد Eriksson وزملائه أي اختلاف هام عند معالجة قرحات الأقدام المزمنة بين المجموعة الشاهدة والمختبرة، حيث استعمل شدة ١ واط/سم^٢ بتردد ١ ميغا هرتز بطريقة التماس المباشر لمدة ١٠ دقائق.

ولاقى Van harant وزملائه نجاحاً محدوداً في إحداث ارتفاع طویل الأمد في استقلاب الغليكوز أمينو غليكان (GAG) في ركبة أرنب بالغ بعد ٥ أيام من العلاج بالأموح ضمن الماء مستعملاً شدة ١ واط/سم^٢ لمدة ٥ دقائق، و GAG ينتج من خلايا النسيج الضام ويستعمل كمؤشر على زيادة النشاط الاستقلابي ولم تتغير التراكيز في الغضاريف المفصليّة، الغضاريف الالهالية، الأربطة الجانبية يوماً واحداً بعد المعالجة السابقة، ولكن الإيجاد الوحيد الهام هو زيادة النشاط الإشعاعي في الرباط الجانبي الأنسي والذي يمكن أن يعكس زيادة النشاط الاستقلابي وقد قدر المؤلفين هذه الاستجابة بشكل أفضل في النسيج الطبيعية منها في المرضية.

ودعمت أبحاث Enwemeka's استعمال US لزيادة ترميم الأوتار، وأكد بأن التقيد بجميع معايير التطبيق الصحيحة ستؤدي للنجاح، وفي عام ١٩٨٩ قام بعلاج وتر آشيل لدى أرنب ضمن الماء المقطر حيث استعمل طريقة الأمواج المستمرة بشدة ١ واط/سم^٢ لمدة ٥ دقائق بتردد ١ ميغاهرتز مستعملًا طريقة تحريك الرأس وقد طبقت مدة ٩ أيام بعد الجراحة، والنتائج أظهرت زيادة مقاومة الشد للوتر.

وفي عام ١٩٩٠ أعاد التجربة مستعملًا شدة ٠,٥ واط/سم^٢ بدلاً من ١ واط/سم^٢ وكانت النتيجة زيادة أكبر في مقاومة الشد للوتر.

وكذلك وجد Jackson وزملائه زيادة مقاومة الشد وزيادة اصطناع الكولاجين في وتر آشيل لدى الفأر في الأيام (٥-٩) الأولى من العلاج بالأمواج، وطبقوا الأمواج أيضاً على الجروح الثاقبة مستعملين شدة ١,٥ واط/سم^٢ بطريقة الأمواج المستمرة وثبتت رأس العلاج تحت الماء لمدة ٤ دقائق، وبرغم حصولهم على نتائج إيجابية ينبغي تجنب طريقة رأس العلاج الثابت.

الدراسات على ترميم الأوتار تصف فقط تأكيد فعالية جرعات US العلاجية لترميم الوتر مباشرة بعد الأذية والاستعمال المطول لـ US ربما يكون بدون فائدة أو حتى مؤذ.

فلم يجد Turner وزملائه أي اختلاف هام بين الأوتار المعالجة وغير المعالجة بعد ٥ أسابيع من العلاج بتعدد ثلاث جلسات في الأسبوع.

وأثبت Roberts وزملائه انخفاضاً في المقاومة والشفاء في ترميم الوتر الجراحي بعد المعالجة بالأمواج النبضية بشدة ٠,٨ واط/سم^٢ بتردد ١.١ ميغاهرتز بمعدل ٥ دقائق يومياً لمدة ستة أسابيع.

ويمكن أن تفيد US علاج الجروح المفتوحة ففي عام ١٩٦٠ سجل Paul وزملائه نجاحا طيبا في شفاء ١٣ قرحة اضطجاعية بشكل كامل من أصل ٢٥ بينما تحسن ٥ حالات بشكل جيد، ومنذ ذلك الحين أجريت دراسات مختلفة توثق فعالية US في ترميم الجروح.

وكذلك أجمل Shamberger عدة دراسات أكدت زيادة ترميم النسيج بعد العلاج بـ US عند مقارنتها مع المجموعة الشاهدة، حيث تقيس بعض الدراسات حجم الجرح وأخرى مقاومة الشد للخلايا الليفية المتوالدة.

كما وثق Dyson وزملائه تجدد النسيج في أذن أرنب، وقرحات الدوالي المزمنة لدى البشر كنتيجة للعلاج بـ US، وقد نسب نظريا زيادة معدل الترميم نتيجة العلاج بـ US بسبب زيادة اصطناع البروتين وربما كنتيجة لتأثير المسلج المجهرى الذي ينقص الودمة وبذلك يسرع الترميم وقد فضل استعمال تردد ٣ ميغا هرتز على ١ ميغا هرتز.

* قابلية تمدد نسيج الكولاجين Extensibility of tissue

:collagen

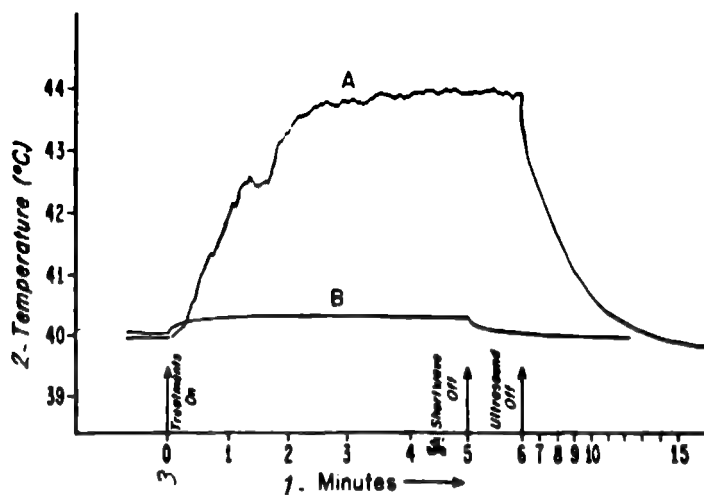
يعد نسيج الكولاجين ماصا فعال لـ US وتعد الأربطة، المحافظ المفصالية، الأوتار، (وكلها ذات تركيب مركز من نسيج الكولاجين) الأماكن الشائعة للأمراض التي تستطب من أجلها US، وتشير بحوث الفيزياء الحيوية بأن US أكثر وسائل الحرارة العميقة فعالية، فيمكن رفع حرارة المفاصل المكسوة بكميات كبيرة من النسيج الرخوة إلى المستوى العلاجي وحتى إلى مستوى التحمل بدون ضرر لأي من تراكيب المفصل، والشكل (٢-١٠) يبين الفرق في ارتفاع الحرارة عند استعمال الأمواج فوق الصوتية والأمواج القصار.

كما أثبت Lehman وزملائه فعالية US في رفع حرارة العضروف الهلالي والمحفظة المفصالية عند استعمال طريقة الأمواج المستمرة بشدة ١,٥ واط/سم^٢ لمدة ٥ دقائق في ركبة الخنزير والشكل (٢-١١) يبين الفرق في درجة حرارة تراكيب المفصل قبل وبعد تطبيق US، كما درس أيضا تأثير الحرارة في قابلية تمدد ذيل الفأر عند تعريضه للأمواج فوق الصوتية، فوجد زيادة كبيرة في تمدد الذيل عند تطبيق US والشد بنفس الوقت حيث تبدأ عملية الشد عند بداية تطبيق US، أي قبل أن يحدث أي ارتفاع في درجة الحرارة.

والنموذج العملي هذا يقدم الأساس المنطقي لاستعمال US والشد الثابت على المفاصل المتحددة، ويبين الجدول التالي المقارنة بين استعمال US و MW في زيادة المدى الحركي الناجم عن التحدد.

زيادة في (درجة)	Ultrasound	microwave
العطف الأمامي	٢٧,٤ ، ±٢,٣	١٦,١ ، ±١,٥
التباعد	٣٢,٦ ، ±٢,٥	٢١,٢ ، ±٢,١
الدوران	٤٥,٤ ، ±٢,٨	١٧,٣ ، ±٤

هذا وينبغي أن يترافق تطبيق US في علاج التحددات الحركية مع التمارين والمساج، ويمكن أن تطبق US بشكل موضعي في أماكن أذيات الألياف الصغيرة مما تؤدي لإرخاء النسيج الندي وبالتالي زيادة الوظيفة الطبيعية للمفصل والأربطة والعضلات ومن ثم إنقاص الألم.



الشكل (٢-١٠):

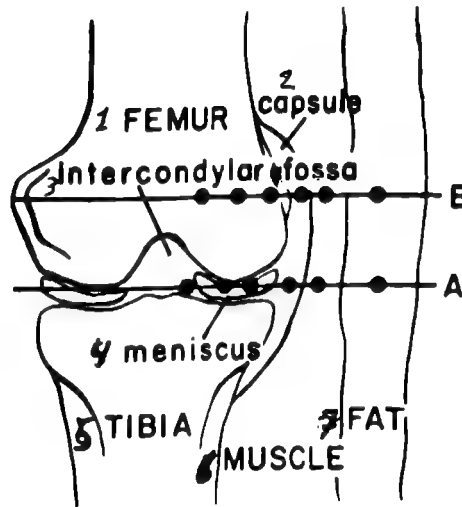
- ١- الزمن.
- ٢- الحرارة.
- ٣- التشغيل.
- ٤- الأيقاف.
- A- الأمواج فوق الصوتية.
- B- الأمواج القصار.

* التشريد الدوائي phonophorsis:

تستعمل US لإدخال الأدوية للجسم، وأكثر الأدوية استعمالاً هي هيدروكورتيزون، ديكساميثازون، ليدوكائين.

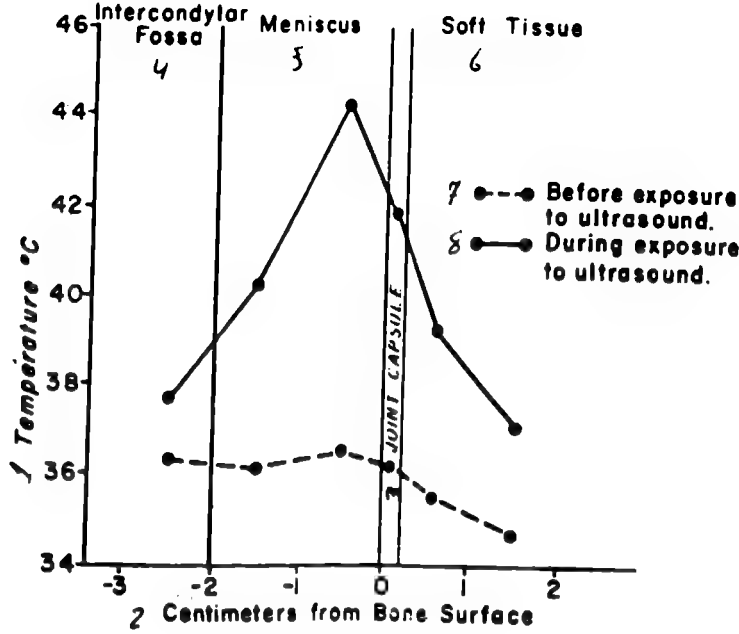
وقد وصف williams تأثير التشريد بالتفاعل المتعاون بين الأدوية والأمواج فوق الصوتية، وقد وثق التأثير الفعال للتشريد باستعمال المراهم المضادة

للفيروسات viricidal oitments وأثبت التأثير المتعاون بزيادة الفعالية الطبية للأدوية بعد حقن الأنسجة الرخوة بمضاد الالتهاب أو الأدوية المسكنة فبعد حقن المنطقة المصابة حول المفصل من قبل الطبيب، يعمل المعالج الفيزيائي بعدها مباشرة على تطبيق US فوق المنطقة المصابة، بحيث تؤدي US لزيادة انتشار الدواء ضمن النسيج الملتهبة وزيادة امتصاصه، وكذلك تزيد احتراق وامتصاص الأدوية الموضعية للنسيج العميقة



الشكل (١-٢) (أ):

- ١- الفخذ.
- ٢- المحفظة.
- ٣- الحفرة بين اللقمتين.
- ٤- الغضروف الهلالي.
- ٥- الظنموذج.
- ٦- العضلات.
- ٧- الشحم.



الشكل (١-٢) (أب):

- ١- الحرارة .
- ٢- البعد عن سطح الجسم .
- ٣- المحفظة المفصالية .
- ٤- الحفرة بين اللقمتين .
- ٥- الغضروف الصليبي .
- ٦- النسيج الرخوة
- ٧- قبل تطبيق US .
- ٨- بعد تطبيق US .

كما أثبت Griffin وزملائه فعالية في إدخال الهيدروكورتيزون لدى تطبيقه على جلد الخنزير وذلك بقياس مستوى الكورتيزول ضمن العضلات والأعصاب.

وكذلك أجرى دراسة حول تأثير إدخال هيدروكورتيزون لدى مرضى مصابين بإصابات حول المفصل فوجد تحسن في زيادة المدى الحركي وانخفاض درجة الألم لدى ٨٦% من الأشخاص بينما تحسن ٢٨% باستعمال US فقط.

والطريقة المستعملة للتشريد نفس الطريقة العادية، ولكن يوضع الدواء مباشرة قبل التطبيق على المنطقة المستهدفة، ويجب أن يركب الهيدروكورتيزون من أساس مائي بتركيز ١٠% والذي يوصف من قبل الطبيب ويركب لدى الصيدلاني وقد برهن Wood و Kleinkort بأن تأثير التركيز ١٠% أفضل بكثير من تركيز ١%.

ويجب فرك الدواء على المنطقة قبل وضع الوسيط، وأن تستعمل شدة من (١-٢ واط/سم^٢) وأثبتت دراسة أجريت على عشرة خنازير فعالية الشدة المنخفضة والفترة الطويلة في إدخال الكورتيزول إلى الأعصاب والعضلات، وهناك الحاجة لمزيد من الدراسات التي توثق الطريقة الفعالة لكيفية تطبيق هذه الطريقة الخيارية الآمنة في إدخال الأدوية للأعضاء المولمة والمتهبة.

رابعاً: الاستطباقات - مصادرات الاستطباق - المحاذير:

١- الاستطباقات Indications:

- التقفع countrectur: الحفاظ المفصالية أو الالتصاقات النديية

يحدث الشد والتندب للتراكيب حول المفصل نتيجة أسباب مختلفة، فبعد التعرض لجرح أو رض أو قهتك أو حرق، يبدأ الكولاجين بالتوضع في المنطقة المصابة

بشكل كبير، مما يؤدي لإعاقة الوظيفة الطبيعية، وتم تحقيق نجاح كبير في علاج انكماش دوبران وزيادة ليونة النسيج الليفي، وفي بعض الحالات قد تترافق الضخامة الندبية مع الألم، وقد أظهرت US فعالية كبيرة في إزالة الألم.

كذلك تستعمل US للعلاج انحناء القضيب Curvatur of the peins في داء بيروني peyronie's disease الذي يؤدي لانحناء القضيب بسبب تكون الصفيحات اللبغية على القضيب.

- التهاب المفاصل المزمن Chronic arthritis:

تستعمل US في حالات التهاب العظمي المفصلي osteo arthritis والتهاب المفصل الروماتيزمي rhumatoid arthritis لإزالة الألم، وربما يعود ذلك للتأثير الحراري العميق لـ US.

- حالات حول المفصل Periarticular conditions:

يمكن إزالة الأعراض الناجمة عن التهاب الكيسي bursitis التهاب الأوتار tendonitis التواء الأربطة strain بواسطة US بسبب التأثير الحراري والميكانيكي.

- المشاكل العضلية muscular problems:

يمكن إزالة الأعراض والخلل الوظيفي الناجم عن الوثي sprains، التشنج spasm، التليف fibrosis، التهاب العضلي myositis، الورم الدموي hematome

– الأورام العصبية neuromas :

تؤدي US لتخفيف الألم الناجم عن الأورام العصبية بسبب تأثيرها على النسيج العصبي كما نص Griffin على أن تخفيف الألم ربما يكون نتيجة لاسترخاء النسيج الضام المتوضع بشكل كبير.

– اضطرابات الجهاز العصبي الودي sympathetic nervous :

system disorders

يمكن معالجة المنعكس الضموري، كما في العصاب المحرق causalgia وضمور سوداك وذلك بتطبيق راس العلاج بشكل موازي للفقرات في الشد المصابة أو فوق الفقرات المصابة بفرط التألم hyperpathia تحت الماء.

– الثآليل الأخصية planter warts :

سجل عدد من الباحثين نجاحاً في الحد من الألم أو الثآليل نفسها عند تعريضها لـ US، وبشكل خاص سجل vaughn نتائج رائعة باستعمال طريقة التماس المباشر وشدة ٠,٦٩ واط/سم^٢ لمدة ١٥ دقيقة.

– الجروح المفتوحة open wounds :

وقد أشرنا إلى آليتها مسبقاً، ويمكن أن تعالج بطريقة الغمر أو طريقة التماس المباشر باستعمال وسيط معقم.

– أمراض الشرايين المحيطية الجهازية المزمنة chronic systematic :

peripheral arteireal disease

تستعمل US لعلاج التشنج الوعائي وذلك بتوجيه الرأس بشكل مباشر نحو الوعاء، أو بتطبيق US على الجهاز العصبي الودي، وينبغي تجنب توجيه US على المنطقة المصابة بالتهاب وريد خثري thrombophlebitis.

✧ مضادات الاستطباب :contraindications:

تعد مضادات الاستطباب قليلة نسبياً لـ US العلاجية، ويمكن القول أن الحالات التي تتأثر بارتفاع درجة الحرارة، تعد مضاد استطباب لها في حال استعمالها بطريقة تؤدي لزيادة ارتفاع الحرارة، وفيما يلي ندرج مضادات الاستطباب:

- الناظم القلبي cardiac pacemakers:

يمكن أن تؤدي US إلى خلل في حال تعريض الناظم أو النسيج المجاورة لحقل US، ويمكن تطبيق US على الأعضاء البعيدة عن المنظم والتي لا تتأثر بحقل US.

- الحوامل pregnancy:

تأثير US العلاجية على الجنين غير معروف وفي حال الاشتباه بوجود حمل يجب تجنب البطن والحوض والقطن ولاتعد US التشخيصية (إيكو) ضمن هذا المجال.

- الأورام Tumors:

فيما إذا كان الورم حميد أم خبيث يفضل تجنب US، لأن الطاقة الحرارية والميكانيكية تحث على انبثاث الورم.

- التهاب الوريد الخثري thrombophlebitis:

قد تؤدي الطاقة الميكانيكية لتمزيق الخثرة، وبالتالي تشكل صمات يمكن أن تنتقل إلى الدماغ، القلب أو الرئتين.

– مناطق الانتان **infected** :

يمكن أن يوهب US لانتشار الانتان.

– المناطق القابلة للزف **Areas with atendency to**

hemorage:

زيادة الجريان الدموي وزيادة النفوذية الوعائية بسبب US قد تؤدي لحدوث نزوف في هذه المناطق.

– المشاش في طور النمو **epiphyses of growing bone**:

يؤدي US لحدوث اضطراب في نمو العظام عند تعريض المشاش بشكل مباشر.

– أخذ جرعات أشعة إكس، الراديوم أو النظائر الإشعاعية

incojuction with deep X-ray , radium or radio active isutopes قد تؤدي شدة منخفضة من US لحدوث تفاعل مع الأيونات المشعة على سطح الخلايا الورمية، ينبغي مرور ستة أشهر بعد العلاج الإشعاعي من أجل تطبيق US، أما الفحص الدوري بأشعة إكس فلا يعتبر ضمن مضادات الاستطباب.

– الأمراض القلبية **Cardiac disease**:

تعريض العقد الرقية، العقدة النجمية، أو المنطقة القلبية لـ US يمكن أن ينه المنعكس الإكليلي وبالتالي تعرض الأشخاص المصابين بأمراض قلبية للخطر.

- فوق العينين over the eyes:

قد يؤدي تطبيق US فوق هذه المنطقة لحدوث التحوف بسبب الوسط السائل.

- فوق الحبل الشوكي في المناطق غير المحمية بشكل كافٍ over the spinal cord over the areas with inadequate protection:

كما في الحالات التي تنقص الحماية الطبية للعظم والعضلات (استئصال جزء عظمي)، لأن US يمكن أن تسبب حدوث التحوف أو ارتفاع الحرارة بشكل زائد في السوائل المحيطة بالحبل الشوكي.

* المحاذير precautions:

- مرحلة الترميم الأولي للأوتار أو الأربطة، ويتضمن هذا أيضاً التمزق الجزئي للوتر في المرحلة الأولى.

- غرس المعادن metal implants:

استقصى lehmann وزملائه الميزات الصوتية لأنواع مختلفة من المعادن المستعملة في العمليات الجراحية، فوجد حدوث انعكاس كبير لـ US في السطح البني (معدن-نسيج) مسببة بذلك حدوث الأمواج المستمرة standing waves بازدياد الشدة على الوجه الأمامي للمعدن، بالإضافة للاختراق الضئيل لـ US للمعدن.

وأظهرت دراسات أخرى مستعملة النسيج البشري أو الحيواني عدم حدوث ارتفاع ممكن تقديره في حرارة المعدن، وارتفاع أقل في درجة حرارة النسيج، المتوضعة حول المعدن فيما لو كان العظم، والتفسير الأكثر احتمالاً لذلك

الناقلية الحرارية العالية التي يتمتع بها المعدن، مما يسمح بانتقال الحرارة بشكل سريع إلى المناطق المجاورة قبل حدوث ارتفاع في درجة حرارة المعدن.

تستعمل الصفائح المعدنية والبراغي للتثبيت الداخلي للكسور والسؤال: هل تمتلك US تأثير ميكانيكي مؤذٍ على عملية التثبيت الداخلي؟

للجواب على هذا السؤال قام كل من skoubo-Kristenson و sommer بتثبيت صفيحة معدنية بثلاثة براغي على عظم الفخذ لمجموعة من الكلاب، وبعد أسبوعين تم تطبيق شدة منخفضة من US (٠,٥ واط/سم^٢) على نصف المجموعة وشدة مرتفعة ٣ واط /سم^٢ على النصف الآخر لمدة ٥ دقائق، استمرت أربعة عشر يوماً، فلم يجد أي اختلاف هام في العزم اللازم لتثبيت البراغي وعزم إزالتها بين المجموعتين الشاهدة والمختبرة، وبذلك خرجنا بنظرية تقول بأن التثبيت الداخلي لا يعتبر مضاد استطباب لـ US.

- غرس البلاستيك Plastic implants:

يملك البلاستيك ذو الكثافة العالية المستعمل في تبديل المفاصل درجة امتصاص مرتفعة للأمواج وبالتالي قد يؤدي للخطر، وعلى الرغم من عدم ظهور الخطر أثناء إجراء الدراسات إلا أنه ينبغي تجنب تعريض هذه المناطق للأمواج بشكل مباشر حتى يثبت أنها آمنة •

- تخلخل العظام (تثقب العظام) osteoporosis:

يجب استعمال US بحذر عند تطبيقها على العظام المخلخلة

- الكسور الغير ملتحمة unhealed fracture:

تجنب تطبيق US فوق الكسور الحديثة مباشرة.

خامساً: اعتباراته فيما يتعلق بالطريقة والجرعة العلاجية:

considerations regarding therapeutic mode and dosage:

✱ الأمواج المستمرة مقابل الأمواج النبضية.

✱ الشدة.

✱ دارة العمل.

✱ نسبة عدم تماثل حزمة الأمواج BNR.

✱ مساحة المنطقة المعالجة وفترة العلاج.

✱ الأمواج المستمرة مقابل الأمواج النبضية (المتقطعة)

:continuous versus pulsed wave mode

الأمواج المستمرة: هي الطاقة الصوتية المنقلة بشكل مستمر دون تقطيع من حين وصول الطاقة الكهربائية إلى الكريستال وحتى إدارة مفتاح الشدة نحو الصفر.

الأمواج النبضية: هي الطاقة الصوتية المنقلة بشكل متقطع بسبب وجود دارة تقطع انتقالها في كل مكان من تطبيقها لفترة زمنية محددة.

والطاقة التي تصل للمريض بالشكل النبضي أقل من الشكل المستمر، ونسبة الاختلاف تحددها دارة العمل Duty cycle.

مثال:

تطبق US بالشكل النبضي لمدة دقيقة واحدة بشدة ١ واط/سم^٢، وتطبق بشكل مستمر لمدة دقيقة واحدة بشدة ١ واط/سم^٢، فالطاقة التي يتلقاها المريض بالشكل النبضي أقل مع أننا استعملنا نفس الشدة والزمن، ويكون التأثير الناجم

عن الأمواج النبضية تأثير ميكانيكي فقط. وسبب ذلك التقطيع الذي يحصل لها أثناء انتقالها، أي التأثير الحراري يكون أقل في الشكل النبضي عند استعمال نفس الشدة.

كما أقر lehmann وزملائه بعدم وجود دليل على أن الشكل النبضي أكثر فائدة من المستمر إذ يمكن الحصول على نفس التأثير في الشكل المستمر باستعمال شدة منخفضة، وربما تكون الطريقة المستعملة أقل أهمية بقدر الاعتماد على معدل الشدة.

وللحصول على تأثير ميكانيكي فقط في النسيج العميقة:

- استعمال دائرة عمل منخفضة ٢٠%.

- شدة مرتفعة تسمح باختراق كافٍ للنسيج العميقة دون الحصول على تأثير حراري هذا وينبغي على المعالج المعرفة الكاملة بخصائص US الفيزيائية وتأثيراتها وكل ما يتعلق بها بشكل عام، وذلك يفيد في جعل المعالج متأكداً من تطبيق شدة آمنة ومناسبة لحالة المريض، وتطبيق جرعة مناسبة من جلسة إلى أخرى.

وينبغي أيضاً على المعالج تسجيل النتائج التي يحصل عليها في كل جلسة بدقة، مما تسمح له بتقديم معلومات موثوقة عن نجاح أو فشل العلاج بالأمواج فوق الصوتية.

وللحصول على نتائج دقيقة ينبغي معايرة الجهاز باستمرار، ولذلك أهمية كبيرة، إذ أن التناقضات العديدة في تقارير نتائج التجارب الطبية ربما تعود إلى انعدام المعايرة والتوثيق الدقيق للجرعة، حتى بوجود المعايرة فإن الجرعة التي يتلقاها المريض لدى استعمال عدة أجهزة وتطبيق نفس الشدة تختلف.

وحقيقة هذا الاختلاف تعود إلى أن الشدة التي تظهر على شاشة الجهاز تمثل الطاقة الموجودة في الجهاز قبل وصولها إلى الكريستال، ولا تمثل كامل الطاقة الصادرة عن الكريستال.

والأجهزة الحديثة توجه لهذا الأمر، لذلك ينبغي على المعالج عند اقتناء جهاز US أن يكون خبيراً بكافة التقنيات الموجودة في الجهاز ولا يعتمد على الثمن عند شراء الجهاز.

وتقاس الطاقة بالواط وتمثل كمية الطاقة الصوتية *acoustic energy* في حزمة الأمواج المتدفقة في واحدة الزمن، وتشير إلى القوة الكاملة التي يتلقاها المريض من US.

مثال:

لدى تطبيق شدة ١,٥ واط/سم^٢ في اليوم الأول على المريض وكانت مساحة الكريستال ١٠ سم^٢ فإن الطاقة التي يتلقاها المريض هي ١٥ واط (الشدة = الواط/سم^٢)

وإذا طبق في اليوم الثاني نفس الشدة ولكن مساحة الكريستال ٧ سم^٢ ونفس مساحة المنطقة المعالجة فإن الطاقة التي يتلقاها المريض هي $١٠,٥ = ٧ \times ١,٥$ واط.

وبذلك تكون المعالجة الثانية أقل فعالية من الأولى، وهذا يؤكد من تسجيل الشدة والطاقة في سجل المريض.

* الشدة intensity:

يستعمل تعبير الشدة بشكل كبير للدلالة على الجرعة العلاجية، وهي تمثل مقدرة الأمواج عند نقطة التطبيق، والوحدة المستعملة هي (واط/سم²)، (W/sqcm)

ويستعمل تعبير أكثر دقة وهو الشدة المتوسطة المساحية (الحيزية) spatial average intensity الذي يمثل الطاقة مقسمة على مساحة المنطقة المشعة الفعالة للكريستال (ERA).

أي أنه ليس من الضروري أن تكون مساحة الكريستال الفعال ERA نفس مساحة الصفيحة المعدنية المثبت عليها، ويشار إلى قيمة ERA في كل جهاز.

كيفية استعمال الشدة:

بشكل عام في الحالات الحادة يجب أن تكون الشدة منخفضة، وهناك دراسات أظهرت ارتفاعاً في درجة حرارة النسيج عند تطبيق الشدة بطريقة التماس المباشر، وتكون أخفض عند استعمال طريقة الغمر، لذلك اقترح الباحثون زيادة الشدة ٠,٥ واط/سم² عند استعمال طريقة الغمر.

والقاعدة الأساسية التي يمكن الاعتماد عليها استجابة المريض والعلامات السريرية التي تظهر عليه، إذ يجب أن يشعر المريض بالراحة، وفي حال حدوث أي شكوى أو ظهور ألم طاعن مفاجئ يجب خفض الشدة أو تحريك الرأس بشكل أسرع، وستحدث عن ذلك بالتفصيل في الفقرات القادمة.

* دورة العمل Duty cycle:

تمثل دورة العمل نسبة فترة النبضة pulse duration إلى وقت العمل (on time) إلى فترة النبضة ككل puls period (أي وقت العمل on + وقت الإيقاف OFF) في كل دورة، وتستعمل عند تطبيق US بشكل نبضي للتعبير عن كمية الطاقة التي يتلقاها المريض.

ويبين الشكل (٢-١٢) دارتين مختلفتين في فترة النبضة حيث استعمال فترة الدورة نفسها في كلا الدارتين وهي ٤٠ ميلي ثانية.

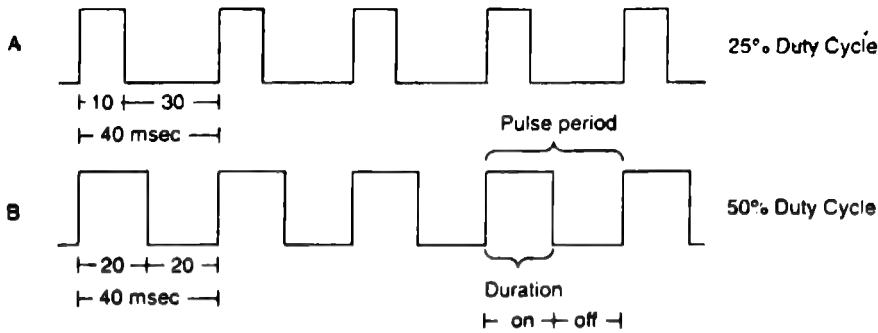
* نسبة عدم تماثل حزمة الأمواج beam nonuniformity

:ratio BNR

لا تكون الشدة متساوية في كل مكان من حزمة الأمواج الصادرة عن الكريستال، ففي بعض المناطق تكون الشدة أعلى بكثير من المناطق المجاورة.

ونسبة عدم تماثل حزمة الأمواج BNR: هي القيمة العددية التي تمثل نسبة ذروة الشدة peak intensity ضمن الحزمة إلى قيمة الشدة المتوسطة المساحية (الحيزية) التي تظهر على شاشة الجهاز.

والشكل (٢-١٣) يوضح اختلاف الشدة في نقاط مختلفة من الحزمة من خلال مقطع عرضي في الحقل القريب

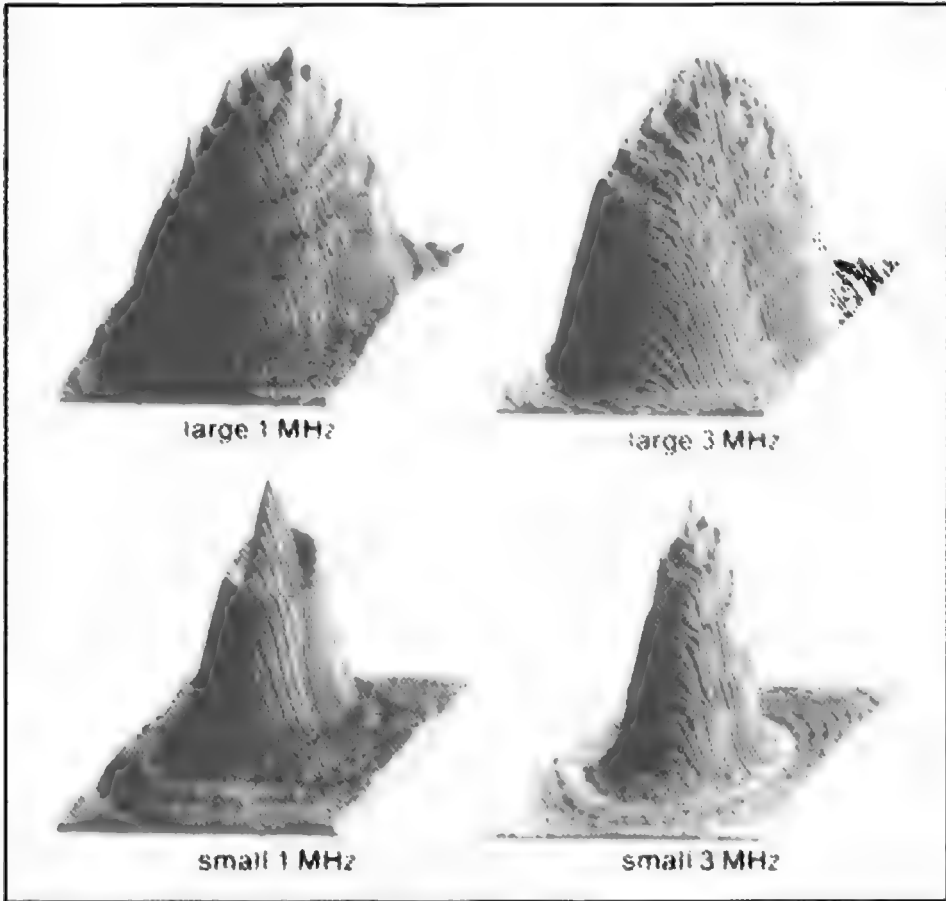


الشكل (٢-١٢): يمثل رسم توضيحي لدارة العمل.

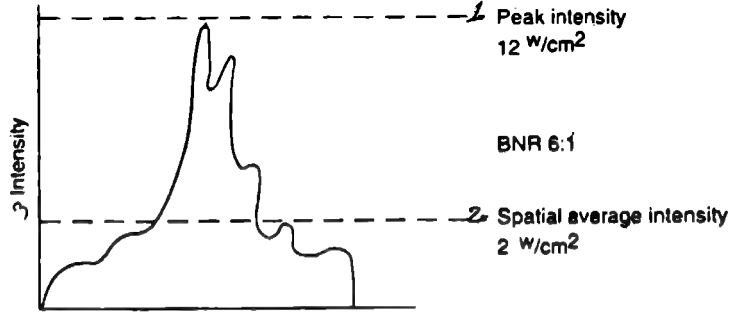
في الشكل A: فترة الموجة ١٠ ميلي ثانية أي (on time) وتمثل ضرورة الطاقة، بينما العودة إلى خط السواء تمثل فترة الإيقاف أي انقطاع الطاقة (OFF time) وفترةها ٣٠ ميلي ثانية وفترة الدورة ككل ٤٠ ميلي ثانية، وبذلك تكون دارة العمل ٢٥%.

الشكل B: فترة الموجة ٢٠ ميلي ثانية (on time) فترة انقطاع الطاقة ٢٠ ميلي ثا (off time) وفترة الدورة ككل pulse period ٤٠ ميلي ثا، وبذلك تكون دارة العمل ٥٠%.

والسؤال هو: أي الدارتين تقدم طاقة أكبر للمريض خلال نفس الدورة؟ كما هو مبين في الشكل فترة الموجة في الدارة B ٢٠ ميلي ثا ضعف فترة الموجة في الدارة A ١٠ ميلي ثا وبذلك فإن الدارة B تقدم طاقة أكبر وفي نفس الوقت تقدم ضعف الطاقة في حال تطبيق الأمواج المستمرة.



نموذج حقل الأمواج الصادر عن رؤوس علاج بأحجام وترددات مختلفة
وعند اقتناء جهاز US يجب الانتباه إلى أن تكون قيمة BNR منخفضة.
وأمر هام ينبغي معرفته وهو أن الاستعمال الكبير لـ US يجعلها غير
دقيقة حيث أجرى stewart اختبار لـ ٥٦ جهاز مختلف فوجد ٢٠% منها
على الأقل تصدر طاقة أكبر من التي تظهر على شاشة الجهاز.



الشكل (٢-١٣): حيث قيمة BNR ١٢:٢ أو ٦:١ أي إذا طبق على المريض شدة ٢ واط/سم^٢ كما يظهر في شاشة الجهاز فهناك شدة عظمية قدرها ١٢ واط/سم^٢ تؤدي لنشوء نقاط حرارية hot spot في حال بقاء رأس العلاج ثابتاً.

١- حرارة الشدة

٢- الشدة المتوسطة المساحية

٣- الشدة

*** مساحة المنطقة المعالجة وفترة العلاج irradiation time**

:and surface area

بالإضافة لمعرفة الشدة، الطاقة، دارة العمل، ينبغي معرفة الفترة الزمنية اللازمة للعلاج، منطقياً عند تطبيق طاقة ١٠ واط لمدة دقيقة فإن الطاقة التي يتلقاها المريض نصف الطاقة التي يتلقاها في حال تطبيق ١٠ واط لمدة دقيقتين.

وأمر هام، عند تحديد الجرعة العلاجية، ينبغي معرفة مساحة المنطقة المعالجة، بحيث يمكن القول: عند تطبيق نفس الشدة والفترة الزمنية، تنخفض كمية الطاقة بازدياد مساحة المنطقة، المعالجة.

مثال:

تطبق US فوق العضلة القطنية في الجانب الأيمن من العمود الفقري، باستعمال شدة ٢ واط/سم^٢ لمدة خمس دقائق، وكانت ERA=١٠سم^٢ وبذلك تكون الطاقة الكاملة التي يتلقاها المريض $2 \times 10 = 20$ واط (الشدة I=السواط W/سم^٢ sqcm)

٠. لدى تطبيق هذه الطاقة على منطقة طولها ٥سم وعرضها ١٠ سم أي مساحة ٥٠سم^٢ يجب تقسيم الفترة الزمنية على مساحة المنطقة المعالجة وفي هذا المثال تكون حصة كل ١٠سم^٢ دقيقة واحدة وإذا زادت المساحة إلى الضعف أي عرض ١٠سم وطول ٢٠سم تكون المساحة ٢٠٠سم^٢ أي أربعة أضعاف المساحة الأولى، وبذلك تكون حصة كل ١٠سم^٢ ١٥ ثانية أي ربع الفترة الزمنية في المثال الأول.

والنتيجة عدم ارتفاع حرارة النسيج بشكل كاف لتقص الفترة الزمنية مما ينقص من الفعالية العلاجية، وستكلم بالتفصيل عن كيفية تحديد الفترة والشدة في الفقرات القادمة.

سادسا: طرق التطبيق: methods of application

توجد ثلاث طرق لتطبيق US:

- * التماس المباشر.
- * الغمر بالماء.
- * أكياس مملوءة بالسائل.

وأيا من هذه الطرق تطبق بطريقتين:

- بقاء رأس العلاج ثابتا
- تحريك رأس العلاج.

- بقاء رأس العلاج ثابتا stationary procedure:

تشير هذه الطريقة إلى بقاء راس العلاج ثابتا دون تحريك فوق منطقة معينة، بحيث تتعرض هذه المنطقة فقط للأمواج الصادرة عن رأس العلاج، ولا ينصح بهذه الطريقة لعدة أمور:

١- احتمال حدوث الضرر: فقد أظهرت الدراسات أن تأذي العظام يظهر عند تطبيق شدة ٠,٥ إلى ١ واط/سم^٢ بهذه الطريقة بينما يحتاج ذلك إلى ٣ واط/سم^٢ بطريقة تحريك الأس، ويمكن لأحد ما أن يظهر أن استعمال شدة أقل من ٠,٥ واط/سم^٢ لا تسبب الضرر، لكن للأسف الشدة الظاهرة على شاشة الجهاز في كثير من الأجهزة لا تكون دقيقة.

٢- ظهور نقاط حرارية: وهي النقاط المعرضة للشدة العظمى في حقل الأمواج بالنسبة للمناطق المجاورة في نفس الحقل وقد أشرنا إليها في فقرة .BNR

وبحسب الدراسات التي أظهرت أن الشدة لا تكون متساوية في جميع مناطق الحقل وتعرض مناطق لشدة أعلى من المناطق المجاورة، ينبغي استعمال طريقة تحريك الرأس للتعويض عن انعدام التساوي في الشدة.

٣- إمكانية ضعف الجريان الدموي: فقد أحدث Pond و Dyson توقف في خلايا الدم لدى رشم الدجاج chick embryos عند تعريضه لجرعة ضمن المدى العلاجي بهذه الطريقة.

ويحدث هذا فقط في الأوعية المطابقة لجريان الأمواج خلال فترة التعريض ويعتقد أن هذه الآلية مترافقة مع إنتاج الأمواج المستمرة عند تطبيق هذه الطريقة ويمكن تجنب ذلك بتحريك رأس العلاج.

وحاول البعض استعمال هذه الطريقة بتطبيق شدة منخفضة، فنصح كل من Griffin و Korselis باستعمال هذه الطريقة في علاج أماكن موضوعة صغيرة من الألم والتشنج والورم الدموي المتعصي بتطبيق شدة من ٠,٠٢ إلى ٠,١ واط/سم^٢ لمدة خمس دقائق.

ومع ذلك حذرا من إمكانية حدوث ارتفاع في الحرارة وخصوصاً في السمحاق رغم استعمال هذه الشدات المنخفضة بسبب استقبال الأماكن الصغيرة لكامل الطاقة الصادرة عن رأس العلاج وبالتالي حدوث نقاط حرارية ضمن هذه الأماكن.

- طريقة تحريك رأس العلاج moving sound head

:procedure

لدى استعمال هذه الطريقة يجب تحريك رأس العلاج فوق المنطقة المعالجة بطريقة منتظمة لطيفة، ومن المهم الحفاظ على هذا الوضع طيلة فترة العلاج، وربما لا يحتمل المريض الشدة المرتفعة عند تحريك رأس العلاج ببطء، والحركة المستمرة تضمن توزيع الأمواج بشكل جيد وتجنب حدوث النقاط الحرارية.

وتوجد طريقتان لتحريك رأس العلاج، الطريقة الحلزونية والطريقة المستقيمة، ويحدد استعمال هاتين الطريقتين طبيعة المنطقة المعالجة.

١- الطريقة الحلزونية: يتم تحريك رأس العلاج بشكل دائري بحيث يكون قطر الدائرة مساوياً لرأس العلاج، ثم يحرك نحو الأمام قليلاً بحيث تجتاز الدائرة الثانية نصف الدائرة الأولى وهكذا حتى تنتهي فترة العلاج، وتستعمل هذه الطريقة في علاج الأماكن غير المتناسقة وكذلك المساحات الواسعة.

٢- الطريقة المستقيمة: يتم تحريك الرأس ببطء وبشكل طولاني باتجاه واحد ثم نحو الجانب مسافة نصف قطر الرأس قبل العودة بشكل طولاني مجدداً. ويتم تحريك الرأس بالطريقة المختارة فوق المنطقة المعالجة حتى انتهاء فترة العلاج وفي حال علاج مساحات واسعة ينصح بتقسيم المساحة إلى مناطق صغيرة وبذلك تغطي الطاقة المنطقة بشكل كافٍ، وحدوث فائدة أكبر.

ونصح Lehman بعدم استعمال مساحة أكبر من ٧٥ سم^٢ من أجل الحصول على تأثير حراري جيد.

كذلك ينصح Oekly بأن تكون مساحة المنطقة المعالجة أكبر بمرة ونصف من رأس العلاج لمدة ٣٠ ثا، تطبق هذه الطريقة لكامل المساحة حتى انتهاء فترة العلاج.

– الوسائط الناقلة لـ US Coupling agents:

تستعمل وسائط بين رأس العلاج وجسم المريض لزيادة ناقلية الأمواج وتحقيق تماس كامل مع الجلد كما في الشكل (٢-١٤)، وأفضل الوسائط المستعملة هو الجلّاتين gel الذي يؤمن ناقلية كبيرة، ويستعمل الماء غالباً لسهولة الحصول عليه وناقليته الجيدة عندما يطبق بدرجة حرارة (٢٤°) أما استعمال الماء بشكل بارد فإنه يقلل من الحرارة السطحية والتي بدورها تضعف الحرارة العميقة عند استعمال طريقة الغمر.



الشكل (٢-١٤):

١- رأس العلاج.

٢- الهواء.

٣- الجلد.

٤- وسيط.

ويبين الجدول (٢-٤) نسبة نقل بعض الوسائط

- الجدول (٢-٤) -

الوسيط الناقل	الناقلية %
الجلاتين	٧٢,٦
الجليسيرين	٦٧
ماء مقطر	٥٩
البرافين السائل	١٩
الفازلين	٠
الهواء	٠

ويجب أن يتمتع الوسيط بما يلي:

- أن يكون معقم (إذا كان يوجد خطر لانتشار الالتهاب) - لا يمتص سريعاً من الجلد - أن لا يكون سائلاً (عدا العلاج تحت الماء) - عدم الانزلاق من على الجلد - لا يحوي على مواد تثير الجلد - رخيص - لا يحوي فقاعات غاز صغيرة - فاقد النشاط الكيميائي - شفاف transparent

* طريقة التماس المباشر Direct contact procedure:

تعد هذه الطريقة الأكثر شيوعاً وسهولة وفعالية لتطبيق الأمواج فوق الصوتية، إذ يتم تحريك رأس العلاج مباشرة فوق الجلد، ولاستعمال هذه الطريقة بالشكل الصحيح يجب توفر ثلاثة أمور:

- ١- أن تحقق مساحة المنطقة المعالجة تماس تام مع رأس العلاج خلال فترة المعالجة، وإذا لم يتحقق هذا الأمر بشكل كامل، يعجز الكريستال عن

بث الأمواج حينما يصبح على تماس مع الهواء وبالتالي ارتفاع حرارة الكريستال، أما إذا تم التماس بشكل جزئي تنخفض كمية الطاقة التي يتلقاها المريض.

٢- يجب أن لا يكون الجلد والنسج الرخوة حساسة للضغط الناجم عن رأس العلاج، بحيث يؤدي تحريكه لظهور الألم، ويمكن تجنب هذا بإجراء مساج ثلجي لمدة ٥-٧ دقائق مباشرة قبل العلاج بـ US لأن الثلج ينقص حساسية الجلد دون أن يضعف استجابة المستقبلات الحرارية العميقة في حال التعرض للحرارة الزائدة.

٣- يجب أن يكون الجلد بحالة سليمة، وفي حال وجود بثور فقاعات أو انتان يجب تجنب تحريك الرأس فوقها لخطر انتشارها.

وقبل البدء بالعلاج يجب اتباع الخطوات التالية:

- ضع الجهاز، الوسيط، المنشفة في منطقة تحصل عليها بسهولة دون إزعاج المريض.

- اشرح طريقة العلاج للمريض بما يتناسب مع حالته، وأن إحساساً لطيفاً من الحرارة سيشعر به، وفي حال حدوث ألم أو إزعاج إخبار المعالج بذلك فوراً.

- ضع المريض بوضعية مريحة بحيث يمكن الوصول للمنطقة المعالجة بسهولة دون إزعاج المريض.

- استعمل رأس العلاج لنشر الوسيط، وحتى هذه المرحلة الجهاز مطفى، ينشر الوسيط على كامل المنطقة المعالجة بحيث يشكل طبقة رقيقة، وفي

حال شعور المريض بألم واخز أو إحساس حرق سطحي فهذا يدل على عدم كفاية الوسيط، وعندها يجب إدارة الشدة للصفر ثم يضاف وسيط من جديد، وفي حال شعور المريض بنفس الإحساس يجب إيقاف الجهاز.

- أدر مفتاح تشغيل الجهاز، وفي بعض الأجهزة مفتاح المؤقت، ثم اختر الوقت والشدة المناسبة لحالة المريض.

- عند اختيار طريقة تطبيق الأمواج (مستمر - نبضي) يجب أن يكون مفتاح الشدة على الصفر.

- ضع رأس العلاج على جسم المريض بإحكام، وحركه بشكل محكم ومتناسق لتحقيق تماس كامل، كما توضع الشدة بحسب المطلوب ويجب تحريك الرأس بشكل مستمر.

- عند انتهاء العلاج أدر مفتاح الشدة للصفر قبل رفع رأس العلاج عن جسم المريض، ثم نظفه من الوسيط وضعه في مكانه على الجهاز ثم أزل الوسيط عن جسم المريض، ويمكن استعمال الكحول في حال تطبيق وسائط أخرى غير الجلوتين.

× طريقة الغمر Immersion procedure:

الطريقة الثانية الشائعة لاستعمل US، غمر العضو المعالج ضمن وسط سائل وتستطب هذه الطريقة بحال عدم تحقيق أي من الخطوات الثلاثة السابق ذكرها بطريقة التماس المباشر، وتعتبر أكثر فائدة في علاج الأماكن الصغيرة مثل مفاصل اليد والقدم، كما تستطب أيضاً عندما تكون المنطقة حساسة جداً للمس أو بحال وجود جروح.

قبل البدء بالعلاج يجب اتباع ما يلي:

- حضر الوسط المناسب للغمر وضع الجهاز بطريقة تمكنك من العلاج بسهولة.
- اشرح طريقة العلاج للمريض.
- ضع المريض بوضعية مريحة ومناسبة بحيث يتحقق علاج المنطقة بشكل جيد.
- ضع رأس العلاج المضاد للماء ضمن الإناء باتجاه المنطقة المعالجة على بعد ١,٢٥ إلى ٢,٥ سم.
- ابدأ بتحريك رأس العلاج بحركة منتظمة ومتناسقة بنفس الطريقة المطبقة في التماس المباشر ثم ارفع الشدة تدريجياً حتى تصل للمستوى المطلوب.
- ومن المهم جداً أن يكون رأس العلاج موجه بشكل عمودي على الجلد لتقليل الانعكاس، فكلما زادت زاوية الإسقاط كانت كمية الطاقة الموجهة للمنطقة أقل وبالتالي ضعف درجة الاختراق والامتصاص.
- وكذلك وجود فقاعات هواء بين الجلد والرأس تزيد درجة الانعكاس وبالتالي تقلل من ناقلية US، ويمكن إزالتها بقطعة شاش توضع على خافض لسان.
- عند انتهاء العلاج أدر مفتاح الشدة للصفر قبل إزالته من الوسط، ثم نشفه قبل وضعه على الجهاز.

❖ **تحذير:** يجب على المعالج تجنب وضع يده بالاتجاه المباشر للأمواج الصادرة أو المنعكسة ضمن الماء بسبب تعرضه لكميات كبيرة من US خلال الاستعمال المتكرر.

- اتخاذ الإجراءات المناسبة كمنع تعريض المريض والمعالج للتيار الكهربائي أثناء تطبيق هذه الطريقة.

* طريقة الأكياس المملوءة بالسائل fluid filled bag or cushion procedure:

برغم قلة استعمال هذه الطريقة، إلا أنها تشكل اختياراً في علاج السطوح غير المنتظمة أو المفرطة الحساسية، وتكون عملية أكثر في علاج الأجزاء المركزية من الجسم مثل الكتف، الرضفة، عظم لوح الكتف التي تتطلب حوض ماء كبير. وتحتاج فقط كيس ذو جدار رقيق مثل الكفوف الجراحية surgical glove مملوء بوسيط ناقل مثل الماء المقطر-زيت معدني أو الغلسرين، ومن الأفضل استعمال الماء المقطر لمنع تشكل الفقاعات ضمن الكيس، والتي تشكل إزالتها صعوبة كبيرة بهذه الطريقة.

قبل البدء بالعلاج يجب اتباع مايلي:

- املأ الكيس بالسائل المناسب، ثم ضع رأس العلاج ضمن الكيس وأفرغه من الهواء حتى يصبح الرأس على تماس مباشر مع السائل، ثم ثبت فتحة الكيس على حواف رأس العلاج بواسطة رباط قوي لمنع تسرب السائل، ويجب التأكد من عدم وجود الهواء الذي يضعف من ناقلية الأمواج.

- ضع الكيس على جسم المريض بعد وضع وسيط من نفس المادة الموجودة في الكيس بين الجلد والسطح الخارجي للكيس لتحقيق تماس تام ومنع تشكل فقاعات غازية.

- عند التأكد من إحكام الكيس على جسم المريض، يتم تشغيل الجهاز ورفع الشدة بالتدريج وتحريك الرأس ضمن الكيس بحيث تكون زاوية إسقاط الأمواج عمودية على السطح المعالج، ويجب الانتباه لعدم انزلاق الكيس على الجلد.

وتوجد طريقة الوسادة المملوءة بالسائل **fluid cushion**، بحيث توضع هذه الوسادة على المنطقة المعالجة بعد وضع وسيط بينها وبين الجلد، وبين رأس العلاج والوسادة.

وبعد وضع الوسادة على المنطقة والتأكد من ثباتها، يحرك رأس العلاج على السطح العلوي للوسادة، والعائق الرئيس لهذه التقنية تشكل السطح البيني بين رأس العلاج والجلد، حتى طريقة الأكياس المملوءة بالسائل تشكل سطح بيني (جدار الكيس - الجلد) مما يؤدي لإضعاف الأمواج.

سابعاً: بروتوكولات العلاج: treatment protocol

- × مساحة المنطقة المعالجة ومدة العلاج.
- × الشدة المستعملة في العلاج.
- × عدد الجلسات وتكرارها.
- × قصة سريرية.

× مساحة المنطقة المعالجة ومدة العلاج size of the area

:and duration of treatment

يتم تحديد مساحة المنطقة المعالجة تبعاً لهدف العلاج (الشفاء أو تهدئة الألم) وعند تحديد المساحة يجب اعتبار مايلي:

- مدة العلاج في الجلسة الأولى أقصر من الجلسة الثانية.
- تتطلب الحالة الحادة مدة أقصر من الحالة المزمنة.
- مدة علاج المنطقة الصغيرة أقل من المنطقة الكبيرة.

ومن أجل الحصول على أكبر استجابة حرارية آمنة، يمكن استعمال نفس الشدة لفترة طويلة من أجل إطالة الاستجابة الفيزيولوجية، ويجب الإحاطة الكاملة بهذه المبادئ لمنع أي خلل.

وقد حدد بعض المؤلفين الطريقة التالية لتحديد فترة العلاج، وذلك حسب التجارب والخبرات الطويلة.

من أجل الحالات تحت الحادة subacute conditions:

$$\text{المدة} = \frac{\text{مساحة المنطقة المعالجة}}{\text{ERA} \times 1.5}$$

مثال:

إذا كانت مساحة المنطقة المعالجة ٥٠ سم^٢ وقيمة ERA = ١٠ سم^٢

$$= \frac{٥٠}{١٠ \times ١,٥} = ٣,٣ \text{ دقيقة}$$

— من أجل الحالات المزمنة **chronic onditions**:

$$\text{المدة} = \frac{\text{مساحة المنطقة المعالجة}}{\text{ERA} \times ١}$$

$$\text{وفي المثال السابق} = \frac{٥٠}{١٠ \times ١} = ٥ \text{ دقائق}$$

— من أجل أعظم تأثير حراري **maximal thermal effect**:

$$\text{المدة} = \frac{\text{مساحة المنطقة المعالجة}}{\text{ERA} \times ١,٨}$$

$$\text{وفي المثال السابق} = \frac{٥٠}{١٠ \times ١,٨} = ٢,٧ \text{ دقيقة}$$

× **الشدة المستخدمة في العلاج intensity of treat ment**:

عند تحديد شدة الجرعة العلاجية يجب اعتبار الأمور التالية:

— المناطق السطحية، كالأماكن الموجودة فوق البروزات العظمية تتطلب شدة أقل من النسيج العميقة.

— في الأذيات تحت الحادة أو أي حالة تتأثر بارتفاع درجة الحرارة تتطلب شدة منخفضة.

— يجب أن تكون الشدة في الجلسة الأولى منخفضة.

- يجب سؤال المريض أثناء وبعد العلاج عن الحالة التي يشعر بها، لتقييم الشدة بشكل مناسب وعند وجود خلل في الإحساس يجب استعمال شدة منخفضة.

عند التأكد من عدم وجود أي خلل آخر كضعف الدوران، يمكن تطبيق US فوق المناطق المصابة بخلل حسي بعد تثبيت الشدة المناسبة وذلك بتسجيل إحساس المريض عند تطبيق US على الجانب الآخر السليم.

والمريض يمكن أن يتحمل:

- شدة مرتفعة عند تطبيق الأمواج النبضية بالنسبة للمستمرة.
 - شدة مرتفعة عند تطبيق طريقة الغمر بالنسبة لطريقة التماس المباشر.
 من الصعب تحديد جرعة علاجية ثابتة لكل حالة، وأحد أسباب هذه المشكلة الاختلاف في مخرج الطاقة بين الأجهزة المختلفة، وعدم دقة القيمة التي تظهر على شاشة الجهاز كما أشرنا إلى ذلك مسبقاً، لذلك ينبغي على المعالج أن يكون على علم بخصائص الجهاز المتوفرة لديه بشكل جيد.

على الرغم من تقسيم الشدة عن طريق الجهاز والمقدرة بـ ٠ - ٢ واط/سم^٢، يجب الوثوق بإحساس المريض والعلامات السريرية التي تظهر عليه، فعندما يشعر المريض بإحساس مؤلم يجب خفض الشدة قد يشعر المريض بأنواع مختلفة من الألم مثل:

* **الألم الحاد، الألم الطاعن** وهذا يدل غالباً على ارتفاع الحرارة الزائدة في السمحاق وذلك عند توجيه الأمواج بشكل مباشر إلى النواتئ العظمية أو تحريك الرأس ببطء شديد ويمكن تجنب هذا النوع من الألم بـ:

- خفض الشدة
 - تجنب توجيه الأمواج بشكل مباشر للنواتئ العظمية.
 - تحريك الرأس بشكل أسرع.
- * أما الألم الكليل البطيء فيكون ناجماً عن الارتفاع الكبير للشدة مما يسبب ارتفاعاً سريعاً في درجة حرارة النسيج وليس كما في الارتفاع بشكل بطيء، وفي هذه الحالة يجب إيقاف العلاج.
- * أما الألم الواخز، اللاذع أو إحساس باهتزاز تحت رأس العلاج فهذا يدل على أن كمية الوسيط غير كافية أو التماس الكامل غير محقق ويمكن تجنب هذا النوع من الألم بـ :
- إضافة كمية مناسبة من الوسيط *
 - تصحيح وضع الجزء المعالج بحيث يتحقق التماس الكامل.
 - استعمال طريقة الغمر أو طريقة الأكياس المملوءة بالسائل.
- والشدات التالية المقترحة اعتماداً على شدة الجهاز من ٠-٢ واط/سم^٢ تطبق بالشكل المستمر بطريقة تحريك رأس الجهاز والتماس المباشر.
- الحالات الحادة: - الشدة من ٠,١ ← ٠,٥ واط/سم^٢.
 - من أجل إنقاص التأثير الحراري.
 - لا يشعر المريض بأي حرارة.
 - يجب أن يكون المعالج متحفظ وحذر عند علاج هذه الحالات.
 - الحالات تحت الحادة: - الشدة من ٠,٥ ← ١ واط/سم^٢.
 - يشعر المريض بإحساس حراري خفيف جداً.
 - قد لا يشعر المريض بأي حرارة أو حرارة خفيفة جداً على الجلد فقط.

- الحالات المزمنة:

- الشدة من ١ ← ٢ واط/سم^٢
 - تأثير حراري مرتفع آمن يكون مفضل.
 - يشعر المريض بإحساس حراري قوي لكنه غير مزعج.
- هذه الاقتراحات تمثل وجهة النظر المعقولة الشائعة المقتبسة من دراسات التأثيرات الفيزيولوجية لـ US وكذلك من الخبرات الطبية.
- وأمر هام يجب التنويه عنه، أنه مهما كانت قيمة التردد المعطاة، فإن النسيج السطحي يتلقى القسم الأكبر من الطاقة لذلك عند علاج الأذيات السطحية يجب استعمال الشدة الدنيا من المدى المحدد، أما عند علاج الأذيات العميقة يجب استعمال الشدة العليا من المدى المحدد.

✧ الجلسات العلاجية وتكرارها frequency and number of treatments:

- إن توثيق تكرار وعدد الجلسات غير واف، لكن الاقتراحات التالية تكون مقبولة إلى حد ما في الممارسة العملية:
- تطبق US بشكل شائع مرة يوميا أو كل يومين مرة.
 - يعتمد عدد الجلسات على مدى سرعة الحصول على التأثير المرغوب.
 - توقف US في الحالات التالية:
 - الشفاء التام من الأمراض واسترجاع الوظيفة الطبيعية.
 - إذا لم تحصل نتائج إيجابية بعد ٣-٤ جلسات.
 - بعد (١٢-١٥) جلسة، حيث يحصل التحسن في معظم الحالات.

ثم يراقب المريض لمدة أسبوعين بدون US، وإذا تم نكث الحالة خلال هذه الفترة تعاد سلسلة أخرى من الجلسات.

وفي حالات خاصة كما في تقفع دوبران ربما تستمر المعالجة لعدة شهور، لذلك تطبق US من (١-٢) جلسة في الأسبوع.

يجب تغيير العلاج بـ US في حال تفاقم الحالة لدى المريض، ويجب فحص الحالة بشكل دقيق لتحديد أسباب التفاقم واختيار وسيلة علاجية أخرى مناسبة.

وأظهرت الدراسات الطبية أنه من الممكن زيادة أعراض الحالة بشكل خفيف لعدة ساعات بعد الجلسة الأولى أو الثانية، هذا التغيير يحصل فقط لعدة ساعات، والتحسن في الأعراض الأصلية يحصل خلال الأيام التالية، وهذا الأمر لا يستوجب إيقاف العلاج، وغالباً ما يدعى بأن المعالجة *treatment soreness* والذي ربما يكون ناجماً عن زيادة الفعالية في النسيج، ويجب إعلام المريض سلفاً عن هذا الأمر، ويمكن إزالته بمساج ثلجي، وتنقل هذه المعلومات للمريض بشكل حسن دون أن نسبب له أي خوف.

وعند زيادة الأعراض مباشرة بعد العلاج واستمرارها لمدة (٢٤-٤٨ س) عندها يجب إيقاف العلاج بـ US، وإذا قرر إعادة مجدداً ينبغي أن تطبق بشدة منخفضة وبعد زوال الآثار الجانبية تماماً.

وينصح بالحد من التعرض للأمواج فوق الصوتية من منظور الحذر (بعد ١٢-١٥ جلسة)، وإذا لم يسجل المريض أي تحسن بعد عدة جلسات ينبغي تطبيق وسيلة علاجية أخرى مناسبة، وبعض المرض يصحبون مدمنين على US لسبب تأثيرها المسكن السريع لذلك ينبغي أن يكون المعالج حذراً لهذا الأمر.

وفيما يلي عرض لنماذج مختلفة من رؤوس العلاج



وتطبيق US على مناطق مختلفة



معالجة التهاب مفاصل الأصابع



معالجة وتر فوق الشوك



معالجة اعتلال ارتكاز رباط الرطفة



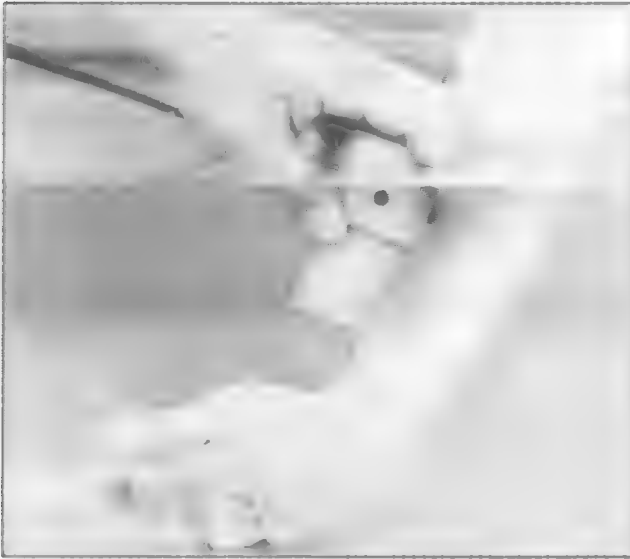
معالجة منشأ باسطة الرسغ الكعبية القصيرة



معالجة وتر آشيل
لاحظ وضع المنشفة لحماية المعالج (طبقة هواء)



معالجة تقفع دوبران تحت الماء
لاحظ زيادة المسافة لتقليل تأثير الحقل القريب الناجم عن
استعمال رأس علاج صغير بتردد 3 ميغا هرتز



معالجة تقفع دوبران تحت الماء
لاحظ إنقاص المسافة باستعمال رأس علاج صغير بتردد
1 ميغا هرتز



معالجة متلازمة احتكاك frictionsyndrom وتر الظنبوبية
الأمامية

* قصة سريرية clinical example :

إن القصة السريرية التالية عبارة عن تدريب عملي على كيفية استنباط طرق العلاج والتحكم بالمعايير طبقاً للدراسة السابقة، ولاتعد قانوناً يمكن الاقتداء به في علاج نفس الحالة لعدة أشخاص.

بفرض أن شدة الجهاز ٢ واط/سم^٢ وقيمة ERA = ١٠ سم^٢.

مریضة عمرها ٢٥ سنة تشكو من تلین غضروف الداغصة chondromalacia وحولت إلى عيادة العلاج الفیزیائي، حيث لاحظت وجود ألم وانتفاخ حول الداغصة الیمنى منذ أسبوع وحاليا تشكو من الألم أثناء النهوض من وضع الجلوس وصعود الدرج، مع وجود فرقة خفيفة وألم يثار بالجلس على الوجه الأنسى للركبة الیمنى، وطبقت الراحة وتطبيق الثلج خلال الأسبوع الماضي.

(١) الهدف من العلاج تسكين الألم وإزالة الوذمة الخفيفة.

(٢) طريقة تطبيق الأمواج: طريقة التماس المباشرة باستعمال رأس صغير. أو طريقة الغمر بالماء إن أمكن ذلك.

(٣) الوضعية: إذا كانت السطوح التمهضية هي المنطقة المستهدفة، فعندها تكون الركبة بوضعية البسط وتكون الداغصة بالاتجاه الأنسى تطبق US على الوجه الوحشي للمفصل. أما إذا كان الركبة في وضعية العطف تكون الداغصة بالاتجاه الوحشي، لذلك تطبق US على الوجه الأنسى للمفصل.

إذا كانت منطقة اللقمة الفخذية الوحشية هي المستهدفة يجب وضع الركبة بوضعية عطف 90° على الأقل مع الاسترخاء.

(٤) شكل الأمواج: نبضي أو مستمر.

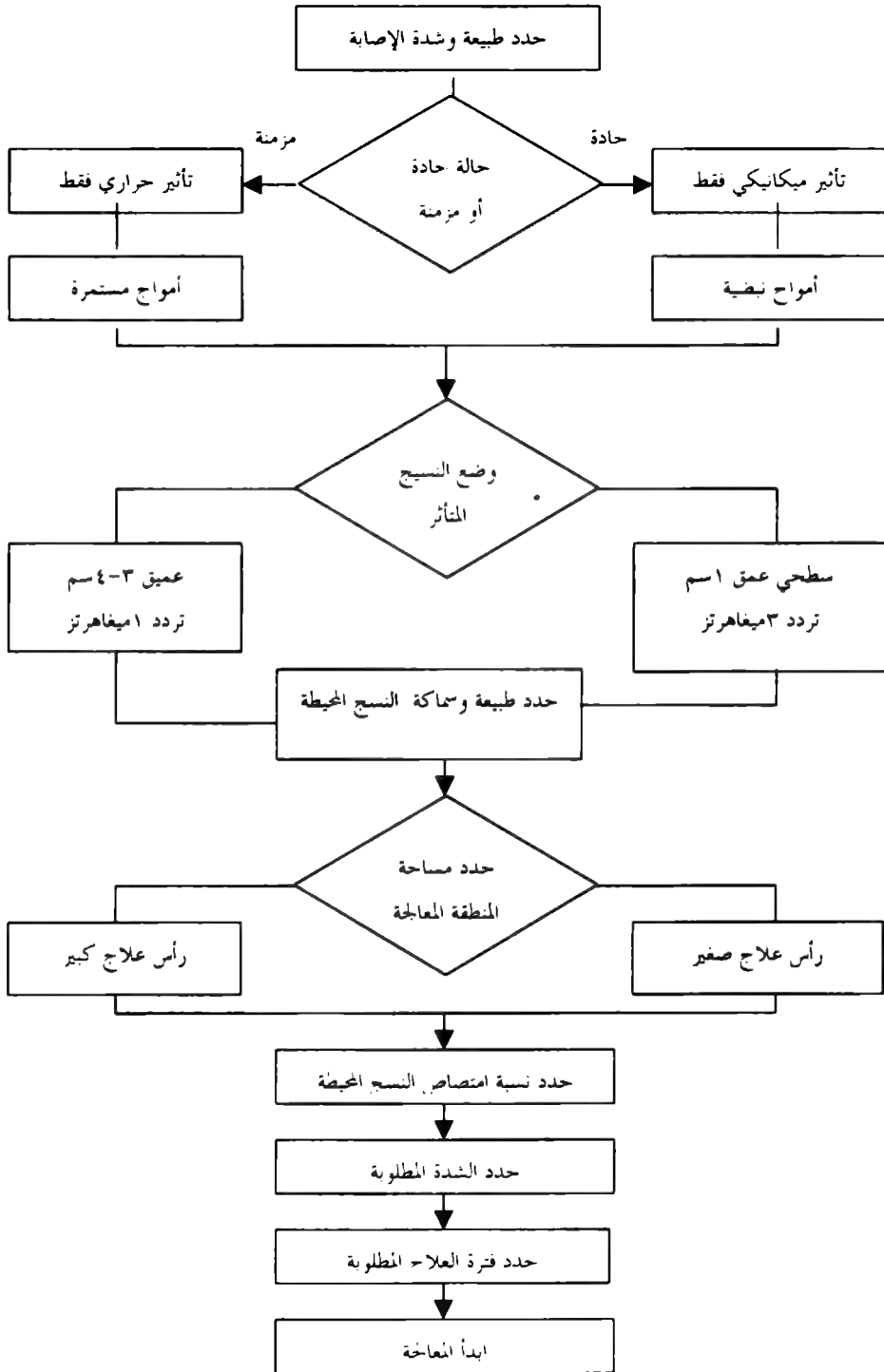
(٥) مساحة المنطقة المعالجة 100 سم^2 .

(٦) الفترة ٥ دقائق.

(٧) الشدة: بالشكل المستمر $0,5 - 1 \text{ واط/سم}^2$.

بالشكل النبضي $1 - 1,5 \text{ واط/سم}^2$ مع دائرة عمل 50% .

وفيما يلي مخطط لخطوات العلاج:



البحث الثالث

الليزر

laser therapy



أولاً: المقدمة

ثانياً: المبادئ الفيزيائية

ثالثاً: التأثيرات الفيزيولوجية

رابعاً: الأجهزة المستعملة في العلاج الفيزيائي

خامساً: طرق التطبيق.

سادساً: الاستجابات ومضادات الاستجابة

سابعاً: التخديرات.

أولاً- المقدمة Introduction:

إن كلمة ليزر هي تعريب للكلمة الإنكليزية laser المشتقة من الحروف الأولى للعبارة light amplification of stimulated emission of radiation التي تعني جهاز تضخيم الضوء بالإصدار المحثوث للإشعاعات، وقد صمم مبدؤه بدءاً من أعمال أنيشتين في التكميم الطاقى للإصدار المحثوث.

ازدهر الاستعمال الطبي لليزر بشكل سريع، وهو دائم التطور، وستكلم في هذا البحث عن الليزر المستعمل في العلاج الفيزيائي دون التطرق للاستعمالات الطبية الأخرى.

تم حديثاً في الولايات المتحدة صنع جهاز ليزر باستطاعة منخفضة low-power laser إن هذا الجهاز يمكن أن يساعد في تخفيف الألم paim، التشنج spasm، التهاب inflammation وتسريع عملية الترميم tissues repairing.

وبرغم استعمال الليزر ذو الاستطاعة المنخفضة لأكثر من عقد في أوروبا لم تثبت فعاليته، وأكثر الادعاءات العلاجية المنسوبة لهذا الجهاز تعتمد على الملاحظة التجريبية empirical observation.

وقد صنفت إدارة الأغذية والأدوية food and drug administration (FDA) هذا الجهاز بالدرجة الثالثة، ويجب أن يتمتع جهاز الليزر بالأمان وسهولة التطبيق.

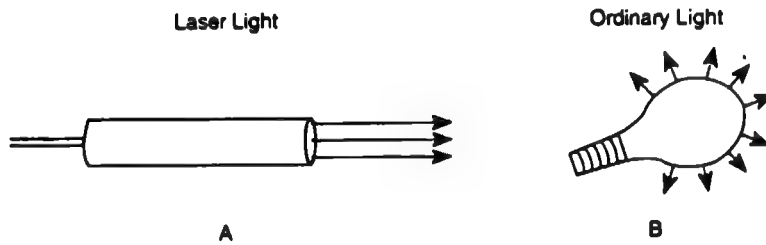
ثانياً- المباحث الفيزيائية physical principles:

يعتبر ليزر الاستطاعة المنخفضة شكلاً من أشكال الطاقة الكهربائية electromagnetic energy تقع أطوال موجاته ضمن مجال الأشعة المرئية وتحت الحمراء، ويتميز الضوء الصادر عن الليزر بصفات خاصة تميزه عن أقرانه من الإشعاعات الكهربائية وهي:

١- الترابط الموجي coherence waves:

يتكون الليزر من موجات تنطلق بشكل مواز وبدرجة عالية من الترابط، أي بنفس الطور (الزماني) ونفس الاتجاه (الفضائي)، تدعى هذه الميزة الترابط الفضائي والزمني temporal and spatial coherence، وبعكس الضوء الذي ينتشر في كافة الاتجاهات.

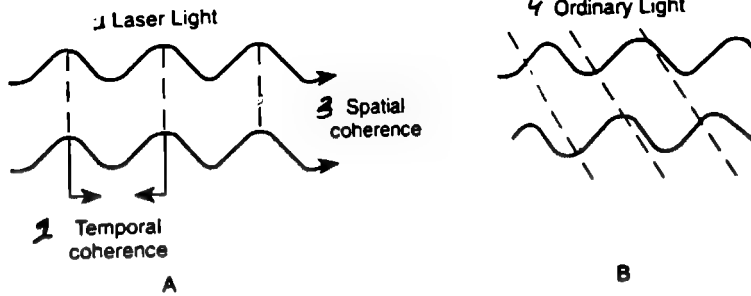
ويبين الشكل (١-٣) الفرق بين أشعة الليزر والضوء العادي والشكل (٢-٣) يبين الترابط الفضائي والزمني.



الشكل (١-٣): يبين اتجاه الأمواج.

A- ضوء الليزر.

B- الضوء العادي.



الشكل (٢-٣): يبين الترابط الفضائي والزمني.

- ١- ضوء الليزر.
- ٢- الترابط الزمني.
- ٣- الترابط الفضائي.
- ٤- الضوء العادي.

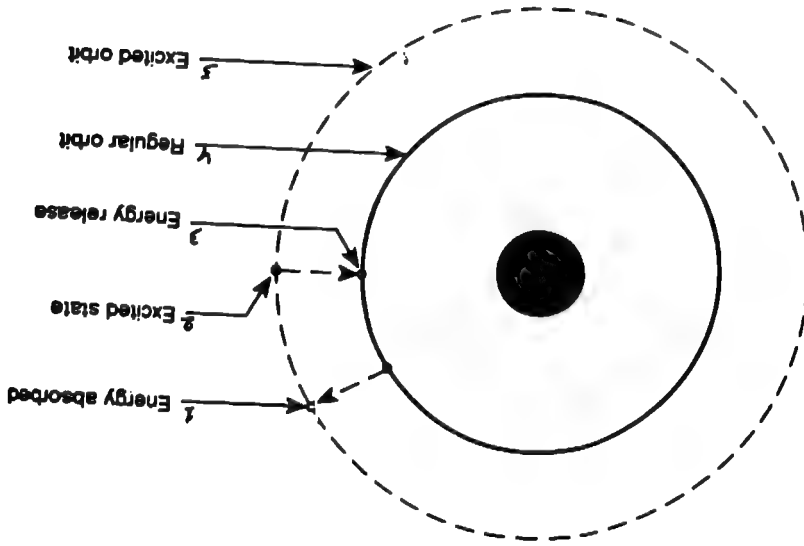
٢- طول الموجة الأحادي monochromaticity :

يصدر كل جهاز ليزر أمواجاً بطول واحد، وتختلف تبعاً لنوع الجهاز فمثلاً يصدر جهاز الليزر المصنع من الهليوم وغاز النيون (He Ne) - Helium Neon شعاع ليزري أحمر طول موجته ٦٣٢,٨ نانومتر، بينما يصدر جهاز ليزر زرنيخ الغاليوم Gallium-Arsenied (Ga As) شعاع ليزري تحت الأحمر طول موجته ٩١٠ نانومتر.

ويمتلك كل طول موجي حسب التقارير الطبية آلية تأثير خاصة في النسيج الحية، بينما يتركب الضوء العادي من خليط من الأطوال الموجية.

٣- الإيزاء collimation:

يشير الإيزاء إلى صغر درجة انحراف أو الحركة المفردة للفوتونات ضمن شعاع الليزر يتم إنتاج شعاع الليزر بتطبيق طاقة كهربائية أو كيميائية أو آلية على أنواع مختلفة من المواد، بحيث تحدث هذه الطاقة تغيرات في حالة الإلكترونات لدارات هذه المواد، وذلك بانتقال الإلكترون إلى مدار ذي سوية طاقة أعلى وتصبح الذرة بوضع غير مستقر (الهياج) ولدى عودة الإلكترون إلى مداره الأصلي يتم إصدار الفوتونات التي تصطدم بذرات أخرى مسببة إصدار المزيد من الفوتونات بحيث يحدث تفاعل متسلسل متزايد بسبب إطلاق الطاقة الإشعاعية Radiant energy كما في الشكل (٣-٣).



الشكل (٣-٣): يبين حالة الهياج للإلكترونات وإصدار الطاقة

- ١- امتصاص الطاقة . ٢- حالة الهياج . ٣- إصدار الطاقة . ٤- المدار الأصلي . ٥- مدار الهياج .

ثالثاً- التأثيرات الفيزيولوجية physiological effects:

تشمل التأثيرات الفيزيولوجية المنسوبة لليزر ما يلي:

- تسكين الألم
- تسريع عملية الترميم بزيادة اصطناع الكولاجين وزيادة التروية الدموية وإنقاص العضويات المجهرية.

ويعتمد تأثير الليزر في النسيج الحيوي على:

- طول موجة الشعاع.
- عمق الاختراق
- الجرعة (الشدة-المدة)
- عدد المعالجات الكلية.
- حالة النسيج مثلاً تنقص النسيج ذات التروية القليلة كمية امتصاص الطاقة ويمتص الجلد الداكن الإشعاع أكثر من الفاتح.
- تحدث هذه التأثيرات باستعمال أجهزة استطاعتها منخفضة من ليزر زرنيخ الغاليوم (Ga As) وليزر هيليوم-نيون (He Ne) استطاعتها أقل من ٦٠ ميلي واط، يمكن أن تحدث استجابة حرارية منخفضة جداً.
- وتوجد أجهزة أخرى ذات استطاعة مرتفعة (أكثر من ٦٠ ميلي واط) مثل:

- الليزر الغازي وأساسياً ليزر الأرجون وليزر غاز ثاني أكسيد الكربون.
- الليزر الصلب وهو ليزر عقيق الألمنيوم والايترتوم المنشط باليوديوم واختصاراً ليزر ياغ Yag.

تحدث تأثير حراري ناجم عن امتصاص النسيج للطاقة التي تحتويها حزمة الليزر محدثة تبعاً لتدرجها الحراري ثلاث درجات من التأثير وهي:

- التختثر coagulation.

- التبخير evaporation .

- القلع coupe والحروق burning

ولاستعمل هذه الأجهزة في العلاج الفيزيائي وإنما في الطب ويجب التنويه إلى أن الدراسات حول تأثير الليزر في العلاج الفيزيائي مازالت في مراحلها المبكرة، وتحتاج المزيد من الدراسات لإثبات فعاليتها بشكل جيد.

رابعاً- الأجهزة المستعملة في العلاج الفيزيائي:

types used in physical therapy:

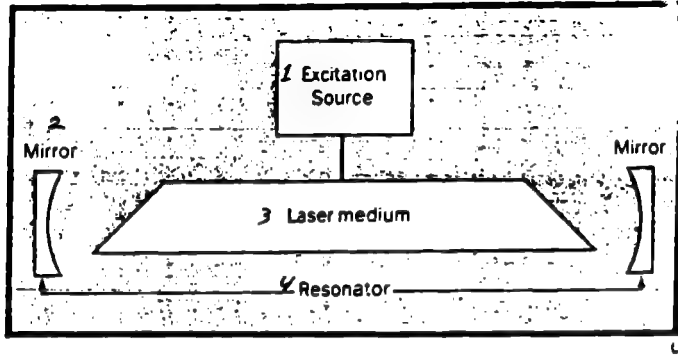
إن أكثر الأجهزة ذات الاستطاعة المنخفضة المتوفرة اليوم من أجل العلاج الفيزيائي هي ليزر هيليوم نيون He Ne وليزر زرنيخ الغاليوم Ga As ولفهم عمل الليزر لابد من معرفة مكونات الليزر أولاً.

يتكون الليزر من:

- الوسط الليزري (المادة النشطة)

- منبع الإثارة (كهربائي-حراري-كيميائي)

- المجاوب أو المرنان الشكل (٣-٤)



الشكل (٣-٤): يوضح الشكل نموذج مبسط لجهاز الليزر الغازي.

١- منبع الإثارة

٢- المرآة

٣- الوسط الليزري

٤- المرنان.

أما الوسط الليزري في ليزر هيليوم - نيون مكون من مزيج من غاز الهليوم (٩٠%) وغاز النيون (١٠%) عند ضغط معين حسب الخرج المطلوب (يختلف هذا الضغط بحسب الشركة المصنعة) موجود ضمن أنبوب زجاجي، تتم إثارة هذا المزيج بواسطة منبع كهربائي بحيث توضع الالكترونودات (الموجب- السالب) عند نهايتي الأنبوب ليكونا بمثابة أداة لتأين المزيج الغازي الليزري وبالتالي إثارة ذرات الهليوم- نيون.

أما المجاوب أو المرنان فيتم تشكيكه باستعمال مرآتين متقابلتين توضعان عند نهايتي الأنبوب وفي معظم أنابيب هيليوم-نيون تكون إحدى المرايا عاكسة تماماً (١٠٠%) والأخرى ذات عاكسية جزئية (٨٠%) والتي تسمى بمراة الخرج وتسمح لجزء من الليزر بالخروج. وتحدث عملية التضخيم عن طريق انعكاس الضوء الليزري بين المرآتين وإثارة الفوتونات في كل انعكاس ويصدر شعاع أحمر مرئي طول موجته ٦٣٢,٨ نانومتر، يخترق هذا الشعاع الأنسجة لعمق ٠,٨ مم ويدعي البعض بأن تأثيره يصل عمق ١٥ مم وبرغم إصدار ليزر زرينخ الغاليوم Ga As لشعاع يقع ضمن مجال الأشعة تحت الحمراء إلا أنه ليس جهاز حراري وذلك بسبب الاستطاعة المنخفضة والشكل النبضي للشعاع.

خامساً- تطبيق الجهاز : procedures

تعتبر عملية تحضير جهاز الليزر بسيطة وقبل شرح خطوات التطبيق لابد من إيضاح الأمر التالي:

تختلف طريقة التطبيق من جهاز لآخر وذلك بسبب الاختلاف في نوع الليزر المستعمل، واختلاف الطول الموجي بين كل راس علاج وآخر (البروب probe) إذ يوجد عدة أشكال من البروب مع كل جهاز، وتفرق تعليمات استعمال هذه الأجهزة وتحديد الجرعة والتردد بما يتوافق مع كل نوع من الجهاز من قبل الشركة المصنعة لذلك قبل تطبيق أي جهاز يجب الإطلاع على تعليمات الشركة المصنعة.

فمثلاً يتم تحضير جهاز He-Ne كما يلي:

- قبل تطبيق الجهاز يجب التأكد من سلامة التوصيلات والتأكد من موافقة مخرج التيار لمدخل الجهاز (١١٠ أو ٢٢٠ فولط) والتأكد من

وجود علامة الإنذار على الواجهة الأمامية للجهاز، ووضع نظارات الوقاية المرفقة مع الجهاز من قبل المعالج والمريض وعدم توجيه أشعة الليزر المرئية وغير المرئية مباشرة إلى العينين أو على سطح عاكس.

- بعدها يتم تشغيل الجهاز والتأكد من وصول التغذية عن طريق إنارة شاشة الميناء واختيار البروب المناسب للحالة العلاجية.

- يتم وضع المريض بطريقة مناسبة وشرح إجراءات العلاج له، ويتم اختيار الفترة الزمنية المناسبة (١٦-٢٠ ثانية لعلاج الألم، ٢٠-٣٠ ثا لعلاج الجروح) عن طريق أزرار اختيار التوقيت.

- يتم اختيار التردد المناسب (٥-٢٠ ن/ثا لترميم النسيج، ٢٠-٨٠ ن/ثا للألم) عن طريق أزرار اختيار التردد، بعدها اضغط على الزر الموجود على البروب ليبدأ بالعمل بحيث يبقى الشعاع موجهاً على المنطقة المعالجة حتى انتهاء الفترة الزمنية.

- أطفئ الجهاز ثم ضع البروب في مكانه.

- في حال علاج نقاط الألم trigger point ونقاط الوخز بالإبر a cupuncture يتم البحث عنها بواسطة البروب، إذ يحتوي الجهاز على دائرة الكترونية لقياس مقاومة الجلد بحيث يمسك المريض بالقطب غير الفعال بينما يكمل المعالج الدارة بمسكه للبروب ويتم توجيهه على المنطقة المعالجة فيشير الجهاز إلى هذه النقاط التي تكون مقاومتها أقل من مقاومة المناطق المجاورة.

- تحدد الجرعة العلاجية بحسب الحالة ومساحة المنطقة المعالجة والفترة الكلية للعلاج وشكل ونوع الليزر المستعمل.

فمن أجل ترميم النسج تتم إثارة حواف الجرح بليزر Ne-He لمدة ٣٠ ثا لكل ١,٣ سم كل ثاني يوم وتستمر المعالجة حتى الشفاء.

ومن أجل علاج الألم ونقاط الاستثارة والوخز بالإبر يمكن أن تستثار بليزر He-Ne لمدة ٣٠ ثا لكل نقطة باستعمال الشكل المستمر لليزر وتستمر المعالجة حتى اختفاء الألم وإذا لم يحدث تحسن خلال ٤-٦ جلسات يجب إيقاف العلاج.

وبشكل عام في علاج الحالات الحادة تكون الجرعة منخفضة (الشدة- المدة) وتزيد في علاج الحالات المزمنة.

سادساً: الاستطبابات ومضادات الاستطباب:

Indications and contraindications:

× الاستطبابات:

- ١- ترميم النسيج.
- ٢- الألم الناجم عن التشنج العضلي.
- ٣- ألم الرأس.
- ٤- التهاب الموضعي local inflammation.
- ٥- التهاب الجهازية systemic inflammation.
- ٦- التهاب العضل الهيكلية musculoskeletal inflammation.

× مضادات الاستطباب:

بما أن إدارة الأغذية والأدوية (FDA) صنف الجهاز بالدرجة الثالثة، هذا يعني أنه غير خطير عند تعريضه على الأجسام البشرية ما لم يوجه مباشرة على العين، وبما أن التأثيرات طويلة الأمد غير معروفة يجب تجنب تطبيقه في الحالات التالية:

- ١- توجيه الشعاع مباشرة على العين، يجب ارتداء النظارات الواقية من قبل المعالج والمريض.
- ٢- تجنب تطبيق الليزر على منطقة الحمل، ويمكن أن يطبق كجهاز مساعد في علاج آلام أسفل الظهر مع بقية الأجهزة الأخرى.
- ٣- النسيج المتسرطنة.
- ٤- تعريض الغدة الدرقية للأشعة.

- ٥- التروفي يمكن أن يحدث الليزر توسع وعائي وبالتالي زيادة التروفي.
- ٦- تناول المريض للأدوية مخمدة لجهاز المناعة immune suppressants drugs
- ٧- تعريض الغدة الودية، العصب المبهم منطقة القلب لدى علاج مرضى مصابون بأمراض قلبية.
- ٨- تعريض منطقة اليوافيخ عند الأطفال.

سابعاً: التحذيرات: precautions

- ١- لا يستعمل الليزر على المناطق المحقونة حديثاً بأدوية ستيروئيدية steroid (٢-٣ أسبوع) لأن المريض يمكن أن يعاني من تفاقم الأعراض بعد العلاج بالليزر، ويمكن تطبيقه بعد ٢-٣ أسبوع، وينصح باستعمال أقل جرعة محددة نسبة للبروب المستعمل.
 - ٢- استعمال مضاد التخثر Anti coagulants يمكن أن تحدث كدمة خفيفة بعد العلاج بسبب ضغط البروب.
 - ٣- استعمال الأدوية المضادة للالتهاب لا تحدث استجابة سريعة للعلاج بالليزر أثناء تناول الأدوية المضادة للالتهاب في الإصابات الحادة، وإنما ينصح استعمال الليزر والثلج بدون هذه الأدوية.
 - ٤- الصرع epilepsy: توخى الحذر عند علاج المرضى المصابين بالصرع وخصوصاً تعريض منطقة الرأس والعنق.
 - ٥- لا تعد الدبابيس pins والصفائح المعدنية والبلاستيكية وناظم القلب مضاد استطباب لليزر.
- وأخيراً يمكن القول بأن دخول الليزر مجال العلاج الفيزيائي أمر حسن، ولكن يجب أن يكون تطبيقه آمناً وخاضعاً لرقابة إدارة الأغذية والأدوية FDA هذا وما زالت الدراسات في مراحلها الأولى ويحتاج للمزيد من الدراسات والأبحاث حتى يصبح استعماله غير مقيد.

- الفهرس -

٩	البحت الأول: الإنفاذ الحراري Diathermy
١٥	أولاً- المقدمة.....
١٧	ثانياً- التأثيرات الفيزيولوجية والفيزيائية الحيوية:.....
١٧	أ- الإنفاذ الحراري بالأمواج الطوال.....
١٧	ب- الإنفاذ الحراري بالأمواج القصار.....
٢٠	١- التأثيرات الفيزيولوجية لتيار الإنفاذ الحراري.....
٢٢	٢- طرق التطبيق.....
٧٠	ج- الإنفاذ الحراري بالأمواج القصيرة جداً.....
٨٠	ثالثاً- اعتبارات فيما يتعلق بالعلاج:.....
٩٦	رابعاً- الاستطابات ومضادات الاستطاب.....
١٠١	خامساً- مخاطر العلاج بالإنفاذ الحراري.....
١٠٧	البحت الثاني: الأمواج فوق الصوتية: Ultrasound
١١٣	أولاً: المقدمة.....
١١٤	ثانياً: إنتاج الأمواج فوق الصوتية والفيزياء الحيوية.....
١١٦	× المحول.....
١١٨	× خصائص الأمواج فوق الصوتية.....
١٢٥	× الخواص الفيزيائية الحيوية.....
١٣٢	× الاستجابة الحرارية.....
١٣٤	× الاستجابة اللاحرارية.....
١٣٨	ثالثاً: الاستخدامات الطبية.....
١٣٩	× التهاب.....
١٤٠	× الألم وسرعة النقل العصبي.....
١٤٢	× الوذمة.....
١٤٣	× الدوران.....
١٤٣	× ترميم السنج.....
١٤٦	× قابلية تمدد النسيج الكولاجيني.....
١٤٨	× التشريد الدوائي.....
١٥١	رابعاً: الاستطابات.....
١٥٤	× مضادات الاستطاب.....
١٥٦	× اغاذير.....
١٥٨	خامساً: اعتبارات فيما يتعلق بالطريقة والجرعة العلاجية.....
١٥٨	× الأمواج المستمرة مقابل الأمواج المتقطعة.....
١٦١	× الشدة.....
١٦٢	× دائرة العمل.....
١٦٢	× نسبة عدم تماثل حزمة الأمواج.....
١٦٥	× مساحة المنطقة المعالجة وفترة العلاج.....

١٦٧	سادساً: طرق التطبيق
١٧١	✖ التماس المباشر
١٧٣	✖ الغمر بالماء
١٧٥	✖ حقائب مملوءة بالسائل
١٧٧	سابعاً: بروتوكولات العلاج
١٧٧	✖ مساحة المنطقة المعالجة وفترة العلاج
١٧٨	✖ الشدة المستخدمة في العلاج
١٨١	✖ تحديد جلسات العلاج
١٨٨	✖ قصة سريرية
١٩١	البحث الثالث: الليزر laser therapy
١٩٨	أولاً: المقدمة
١٩٩	ثانياً: المبادئ الفيزيائية
٢٠٢	ثالثاً: التأثيرات الفيزيولوجية
٢٠٣	رابعاً: الأجهزة المستعملة في العلاج الفيزيائي
٢٠٥	خامساً: طرق التطبيق
٢٠٨	سادساً: الاستطابات ومضادات الاستطاب
٢١٠	سابعاً: التحذيرات

المراجع

- 1- Lehmann J. hered: Tapeutic Heat and Cold .3 th ed. Baltimor, MD : william , wilkins 1982.
- 2- Physical a gents: acompre hensive text for physical therapists/ Bernadette He Coz, Joseph Weisbery, Tsege Andemicael Mehreteab 1994.
- 3- Krusent: Handbook of physical medicine and Rehabilitation. 2nd ed ph: ladelphia: WB saunders, 1971.
- 4- Guyton A: Human Physiology and Mechanism of disease 1995.
- 5- Sheila Kitchen, Sarah Bazin, Clyton's electrotherapy 1982
- 6- R. Hoog land, Ultras Sound Therapy. Manu Facture of (Enraf – Nonius) equiment 1995.
- 7- Ann H. Downer, B. A. Physical Therapy Proce dures. 1988.
- 8- د. سهام طرابيشي - كلية العلوم - قسم الفيزياء - جامعة دمشق - الفيزياء الطبية . 1991

هذا الكتاب

دليل نظري وعملي للعاملين في حقل

العلاج الفيزيائي

شرح وافى للوسائل العلاجية وطرق

تطبيقها مع كثير من الأمثلة والصور

التوضيحية

الطرق الحديثة في معالجة آلام العمود

الفقري والمفاصل والمشاكل العضلية

الهيكلية والعصبية

تطبيقات الليزر في حقل العلاج الفيزيائي

المؤلف



منتدى إقرأ الثقافي

للكتب (كوردى - عربى - فارسى)

www.iqra.ahlamontada.com

